



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

**PROPOSTA DE ILUMINAÇÃO DE FAIXAS DE PEDESTRES PARA
MITIGAÇÃO DE ACIDENTES: ESTUDO DE CASO EM AVENIDA**

JOHNSON LUIS SILVA

Florianópolis, 2018.

JOHNSON LUIS SILVA

**PROPOSTA DE ILUMINAÇÃO DE FAIXAS DE PEDESTRES PARA
MITIGAÇÃO DE ACIDENTES: ESTUDO DE CASO EM AVENIDA**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido à Universidade Federal de
Santa Catarina como parte dos
requisitos necessários para obtenção
do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof^ª. Liseane Padilha
Thives, Dr^ª.

Florianópolis

2018

Johnson Luis Silva

**PROPOSTA DE ILUMINAÇÃO DE FAIXAS DE PEDESTRES PARA
MITIGAÇÃO DE ACIDENTES: ESTUDO DE CASO AVENIDA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado como adequado como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Florianópolis, 29 de novembro de 2018.

BANCA EXAMINADORA



Professora Liseane Padilha Thives, Dr^a.

Orientadora

Professor Rafael A. dos Reis Higashi
Universidade Federal de Santa Catarina

Eng^a. Emmanuelle S. H. Garcia, MSc.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe, Cleusa Nilza da Silva, por ser uma mulher guerreira e sempre prezou por me dar uma educação de qualidade, pelos valores que me ensinou e pelo suporte incondicional ao longo de toda minha vida principalmente durante minha vida acadêmica. A minha irmã, Jenniffer Carolina Silva, pelo companheirismo e cumplicidade. Aos professores do Departamento de Engenharia Civil da UFSC em geral, pela qualidade e facilidade em transmitirem o conhecimento.

Agradeço também a minha orientadora, a professora Dra. Liseane Padilha Thives. Uma pessoa de coração imenso e com a qual pude aprender uma infinidade de valores, não apenas acadêmicos, mas principalmente pessoais. Uma grande professora, atenciosa com seus alunos, e uma pessoa maravilhosa que sempre se manteve disposta a me ajudar. Uma professora que sempre está do lado do aluno, torcendo pelo seu sucesso.

Concluindo, gostaria de realizar um enorme agradecimento aos desconhecidos que se tornaram colegas, colegas que se tornaram amigos e, principalmente, amigos que se tornaram irmãos. Com todos eles, pude aprender um pouco e, portanto, agradeço do fundo do coração a cada dia que pude passar ao lado de cada um, por todas as noites estudando, por todas as aulas perdidas, por todo sufoco antes das provas, por todas as horas felizes e barzinhos, por sempre terem assunto para conversar, mesmo nos dias ruins e pelo incentivo de sempre, afinal somos todos muito decididos. Por fim, a Deus, pela proteção e saúde garantidos para que pudesse ir em busca de meus objetivos.

“A vida é igual andar de bicicleta. Para manter o equilíbrio é preciso se manter em movimento.”

- Albert Einstein

RESUMO

A faixa de pedestre tem a função de garantir a segurança dos pedestres durante a travessia da via. Parar na faixa é lei e uma obrigação do motorista que, quando não obedecida, se constitui em infração gravíssima. No entanto, tem-se observado desrespeito, por parte dos motoristas, que não param nas faixas ou não aguardam que a travessia da via seja completa. Essa situação pode se agravar no período noturno, porque, em geral, as faixas de pedestres não são iluminadas ou não possuem iluminação adequada. Este trabalho trata da avaliação de travessias de pedestre e conformidade em relação à legislação. Para tanto, foi realizado um estudo de caso em uma avenida na cidade de São Paulo, Brasil. O constante aumento populacional e da frota de veículos no país é fundamental para que se planeje e criem-se soluções para a educação no trânsito, de modo a preservar a vida e a segurança dos usuários. Ao contrário de sua função, as travessias de pedestres têm representado pontos de eminente perigo aos pedestres. Uma das alternativas para mitigação dos problemas e redução de acidentes é a promoção de uma sinalização de forma correta e fiscalização constante. A integração motorista e pedestre é feita pela utilização de sinalização apropriada, onde ambos devem ter consciência que a sua adequada utilização reduz em muito a probabilidade de ocorrência de um acidente. Neste estudo são apresentadas normas que regem a implantação de travessias de pedestres no Brasil, bem como avaliação da iluminação e da sinalização de faixas de pedestres em áreas urbanas. Os dados utilizados, tais como legislação e índice de acidentes, foram obtidos junto aos órgãos responsáveis pelo planejamento de tráfego da cidade. Foram realizadas visitas in loco para verificação do prescrito em norma e registros fotográficos. Como resultado observou-se que as faixas de pedestres analisadas possuem a sinalização e a iluminação adequadas, o que contribui para a redução do número de acidentes ao longo dos anos envolvendo pedestres na região da cidade escolhida para análise. Isto mostra que quando a legislação é atendida, bastaria que tanto os motoristas quanto os pedestres respeitassem as regras de trânsito. O estudo de caso apresentado se constitui em uma proposta de boa prática quanto à iluminação de faixas de pedestres.

Palavras-chaves: Acidentes de trânsito; Sinalização para Travessia de Pedestres; Iluminação para travessia de pedestres; Pedestre.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Acidentes fatais por tipo	13
Figura 2 - Acidentes de trânsito fatais em São Paulo vítimas mortas por usuário das vias de 2016 a 2017	18
Figura 3 – Acidentes fatais em São Paulo por tipo	18
Figura 4 - Média diária de acidentes fatais em São Paulo por tipo	19
Figura 5 - Acidentes fatais por regiões (GET)	19
Figura 6 – Atropelamentos por dia da semana e período do dia	20
Figura 7 - Vias com mais acidentes, por tipo de acidente e de vítima	20
Figura 8 - Exemplo de uma FTP-1	22
Figura 9 - Uso de FTP-2 em cruzamento semaforizado	23
Figura 10 - Travessia com faixa para pedestres, sem semáforo	24
Figura 11 - Travessia com faixa de pedestres, com semáforo	25
Figura 12 - Deflexão Vertical da Sinalização Vertical junto a via	28
Figura 13 - Locação da sinalização de advertência junto a via	29
Figura 14 - Divisão de Fluxos Opostos	36
Figura 15 – Linhas de Divisão de Fluxos de Mesmo Sentido	36
Figura 16 - Linha de Bordo	37
Figura 17 - Linha de Continuidade	37
Figura 18 - Linha de Retenção	38
Figura 19 - Linha de Estímulo de Redução de Velocidade	38
Figura 20 - Linha de "Dê a Preferência"	39
Figura 21- Métodos de Aplicação dos Termoplásticos	42
Figura 22 Deflexão horizontal da sinalização vertical junto a via	44
Figura 23 - Depreciação do fluxo luminoso das lâmpadas	47
Figura 24 - Exemplo de projeção de iluminância	47
Figura 25 - Temperatura das cores	48
Figura 26 - Diferenças de índice de reprodução de cor existentes entre um cenário de iluminação pública rodoviária com base em tecnologia LED e VPS.....	49
Figura 27 - Arranjo unilateral das luminárias	50
Figura 28 - Arranjo bilateral alternado das luminárias	51
Figura 29 - Arranjo empregado em vias com canteiro central	51
Figura 30 - Configuração da Rede de Baixa Tensão	55
Figura 31 – Exemplos de modelos de relés fotoelétricos	58
Figura 32 - Braço padrão COPEL tipo BR-1	60
Figura 33 - Braço padrão COPEL tipo BR-2 65	60

Figura 34- Braço padrão COPEL tipo BR-3 65	61
Figura 35 - Fluxograma do Método	63
Figura 36 – Vias e cruzamentos com mais acidentes com vítimas	64
Figura 37 - Localização do Segmento "A" e a Faixa de Pedestres numerada de 01	65
Figura 38 - Configuração da Faixa de Pedestres do Segmento "A"	66
Figura 39 - Configuração da Faixa de Pedestres do Segmento "A"	67
Figura 40 - Localização do Segmento B e a Faixa de Pedestres numerada de 2	68
Figura 41 - Configuração da Faixa de Pedestres do Segmento "B"	69
Figura 42 - Configuração da Faixa de Pedestres do Segmento "B"	70
Figura 43 - Localização do Segmento C e a Faixa de Pedestres numerada de 03	71
Figura 44 - Segmento "C" – Avenida Estrada de Itapecerica	72
Figura 45 - Segmento "C" – Avenida Estrada de Itapecerica	73
Figura 46 - Tipo de Sinalização Presentes no Segmento "C"	73
Figura 47 - Localização do Segmento D e a Faixa de Pedestres numerada de 04	74
Figura 48 - Configuração da Faixa de Pedestres do Segmento "D"	75
Figura 49 - Configuração da Faixa de Pedestres do Segmento "D"	76
Figura 50 - Tipo de Sinalização Vertical de Presentes no Segmento "D"	76
Figura 51 - Modelo de Sinalização de Faixas de Travessia de Pedestres Sugeridas Pelo DNIT	78
Figura 52 - Modelo de Sinalização de Faixas de Travessia de Pedestres Sugerida pelo CONTRAN	79
Figura 53 - Total de acidentes com vítimas por tipo	80
Figura 54 - Distribuição dos Atropelamentos pelo horário e dia de semana	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distância de Visibilidade da Sinalização de Advertência	29
Tabela 2 - Distância de desaceleração e/ou manobra	30
Tabela 3 - Distância Mínima de desaceleração e/ou manobra	30
Tabela 4 - Tipos de Materiais Retrorrefletivos dos Sinais Verticais de Trânsito	33
Tabela 5 - Retrorrefletividade Mínima Inicial das Películas de Sinalização Viária	33
Tabela 6 - Dimensões Mínimas das Linhas	40
Tabela 7 - Largura das Linhas Longitudinais em Função da Velocidade	40
Tabela 8 - Escolha do material	41
Tabela 9 - Classes de iluminação para cada tipo de via	52
Tabela 10 - Iluminância média mínima e uniformidade para cada classe de iluminação	53
Tabela 11 - Iluminância média e fator de uniformidade mínimo para cada classe de iluminação	53
Tabela 12 - Classe de iluminação para cada tipo de via	54
Tabela 13 - Iluminamento mínimo em travessias de faixa de pedestre	54
Tabela 14 - Comparativo entre as tecnologias	61
Tabela 15 - Comparativo Segmentos "A", "B", "C" e "D" com Modelo de Sinalização das Faixas de Travessia de Pedestres Sugerido pelo DNIT.....	77
Tabela 16 - Caracterização dos trechos analisados	78
Tabela 17 - Levantamento da Condição da iluminação	80

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

CET – Companhia de Engenharia de Tráfego

CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito

COPEL - Companhia Paranaense de Energia

CTB - Código de Trânsito Brasileiro

DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito

DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

GET – Gerência de Engenharia de Tráfego

IP – Iluminação Pública

LED - *Light Emitting Diode* (Diodo Emissor de Luz)

NBR - Norma Brasileira Regulamentadora

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	4
RESUMO	6
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURA	10
1. INTRODUÇÃO	13
1.1. Considerações iniciais	13
1.2. Objetivos	14
1.2.1. Objetivo Geral	14
1.2.2. Objetivos Específicos	14
1.3. Estrutura do trabalho	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1. Acidentes de Trânsito	17
2.2. Pedestre.....	20
2.3. Faixa de pedestres.....	21
2.3.1 Travessia com faixa para pedestres, sem semáforo.....	24
2.3.2 Travessia com faixa para pedestres, com semáforo	25
2.4 Sinalização	26
2.4.1 Sinalização Vertical	27
2.4.1.1 Critérios de locação	28
2.4.1.2 Distância de Visibilidade	29
2.4.1.3 Distância de desaceleração e/ou manobra	29
2.4.1.4 Películas usadas na Sinalização Vertical	30
2.4.2 Sinalização Horizontal.....	34
2.4.2.1 Cores	39
2.4.2.2 Dimensões	40
2.4.2.3 Materiais.....	40
2.4.3 Posicionamento na via.....	44
2.4.3 Sinalização semafórica	44
2.5 Retrorrefletividade.....	45
2.5 Iluminação	46
2.5.1 Conceitos básicos referentes à iluminação	46
2.5.2 Depreciação do fluxo luminoso das lâmpadas	47
2.6 Iluminação Pública no Brasil.....	49

2.6.1	Disposição luminárias	50
2.7	Projeto do Sistema de Iluminação Pública	51
2.7.1	Classificação das vias	51
2.8	Requisitos de iluminância e uniformidade	52
2.9	Iluminação para áreas de pedestres	53
2.10	Configuração e equipamentos que compõem o sistema	54
3.	MATERIAIS E MÉTODO.....	63
3.1	Caracterização dos Trechos	63
3.1.1	Segmento A – Avenida Carlos Caldeira Filho	65
3.1.2	Segmento B – Estrada do Campo Limpo	68
3.1.3	Segmento C – Avenida Estrada de Itapecerica	71
3.1.4	Segmento D – Avenida Washington Luís	74
4.	RESULTADOS E ANALISES	77
4.1	Levantamento de Caracterização dos Segmentos.....	77
4.1.1	Sinalização Horizontal e Sinalização Vertical	79
4.1.2	Iluminação.....	79
4.1.3	Correlação de acidentes de trânsito com a sinalização dos segmentos	80
4.2	Melhorias Propostas	81
4.2.1.	Sinalização Horizontal	81
4.2.2	Sinalização Vertical.....	81
4.2.3	Iluminação.....	82
4.3	Coleta de Dados em Campo	82
4.3.1	Iluminação da faixa de pedestres	82
4.3.2	Correlação entre acidentes e sinalização de faixas de pedestres.	82
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
	REFERÊNCIAS	87

1. INTRODUÇÃO

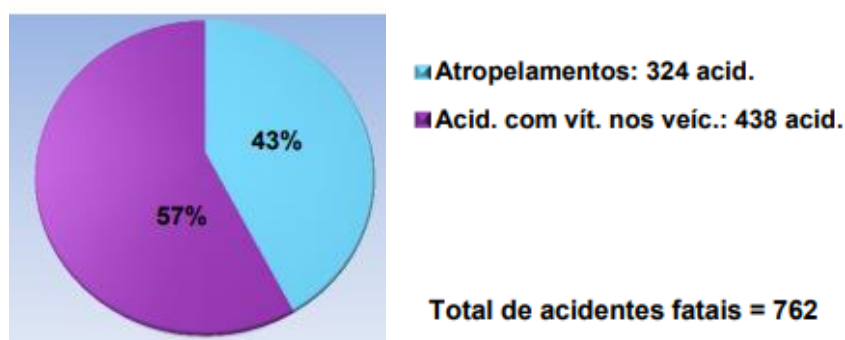
1.1. Considerações iniciais

A faixa de pedestre tem a função de garantir a segurança dos pedestres durante a travessia da via. Parar na faixa é lei e uma obrigação do motorista que, quando não obedecida, se constitui em infração gravíssima. No entanto, tem-se observado, principalmente em vias urbanas, a falta de sinalização e iluminação adequadas em faixas de pedestres. A sinalização de trânsito é fundamental, uma vez que sua função é informar e orientar os usuários das vias.

Estes aspectos contribuem para a ocorrência de acidentes em vias públicas, principalmente à noite. A iluminação das faixas de pedestres é necessária para aumentar a visibilidade dos pedestres e dos condutores dos veículos, antes e durante as travessia dos pedestres.

Acidentes com pedestres são uma causa comum de fatalidades e a visibilidade reduzida durante a noite é um fator contribuinte à lesões e morte. Como exemplo, houve 762 acidentes de trânsito fatais registrados no município de São Paulo. Por outro lado, óbitos de pedestres e motociclistas representaram 80,5% do total de mortes no trânsito em 2017. A Figura 1 apresenta a divisão dos acidentes fatais entre atropelamentos e acidentes com vítimas nos veículos e o seguinte, a evolução ao longo dos últimos 13 anos, de 2004 a 2017.

Figura 1 – Acidentes fatais por tipo



Fonte: CET, (2017).

Considerando a importância da segurança viária na atualidade, foi realizado um estudo das condições de sinalização e iluminação de algumas faixas de pedestres na

região sul de São Paulo, onde se encontra um número mais crítico de atropelamentos, que são nas avenidas Carlos Caldeira Filho, Washington Luís, Estrada do Campo Limpo e Estrada de Itapecerica.

Os acidentes ocorrem como resultado de que nem sempre apresentam a adequada sinalização horizontal e vertical, pelo fato de que muitos motoristas não as respeitam e muitos usuários não as utilizam, juntamente com a inadequada iluminação que dificulta a visibilidade dos motoristas e pedestres à noite.

Neste sentido, este trabalho visa avaliar travessias de faixas de pedestres iluminadas. Serão consultadas fontes em diversas referências e avaliadas se a implantação de faixas com iluminação surte efeitos positivos. Posteriormente, serão determinados os tipos de iluminação de cada caso e avaliada a redução dos acidentes nestes locais.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

Avaliar as condições de sinalização das travessias de pedestres quanto à iluminação e sua influência na ocorrência de acidentes na cidade de São Paulo.

1.2.2. Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo proposto, os seguintes objetivos específicos foram propostos:

- Avaliar as condições das faixas de segurança implementadas em relação ao prescrito em normas;
- Aferir as condições de segurança para os pedestres que utilizam as travessias iluminadas de pedestre;
- Verificar as condições de manutenção e de conservação das faixas de pedestres;
- Propor melhorias na sinalização e iluminação de tais faixas;
- Analisar os requisitos necessários para a implantação de novas faixas;
- Propor iluminação para faixas de pedestres.

1.3. Estrutura do trabalho

O trabalho está estruturado em cinco capítulos, a seguir descrito.

No Capítulo 1, Introdução, são apresentados, com base na revisão bibliográfica, os fatores contribuintes e sua influência na ocorrência de acidentes de trânsito. Abordam-se as principais questões relacionadas com os riscos no tráfego, assim como os processos de avaliação e percepção de riscos como ferramentas importantes para reduzir os impactos dos acidentes de trânsito.

No Capítulo, 2, Revisão bibliográfica será abordado o estudo do conjunto viário e a sua influência na segurança dos pedestres e motoristas. É apresentado um resumo dos principais componentes físicos e operacionais da infraestrutura da via sobre a segurança. São ainda relacionados os efeitos das principais características observadas nas maiorias das vias como. Pode citar, como exemplo, o projeto geométrico e seus elementos, os dispositivos de sinalização, os aspectos relacionados a seção transversal, a qualidade do pavimento utilizado, como são realizadas as interseções, e os dispositivos de controle. Enfim é enfatizado o estudo das rodovias e vias urbanas, em especial ao estudo de caso posteriormente enunciado, tratando os seus aspectos operacionais, e gerenciais.

O Capítulo 3, Materiais e Método, mostra a metodologia utilizada e a área onde foi realizado o estudo de caso. São detalhadas a realização das medições em relação ao considerado necessário para a análise das condições das faixas de pedestres.

No Capítulo 4, Resultados, foram descritos os resultados obtidos, as comparações e melhorias sugeridas serão abordadas através de aspectos qualitativos e quantitativos.

O Capítulo 5, Considerações finais e Recomendações trazem as principais conclusões do estudo, bem como as sugestões para a realização de trabalhos futuros.

Finalmente são apresentadas as Referências que serviram de base teórica para realização deste trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Acidentes de Trânsito

O Código de Trânsito Brasileiro (CTB), em seu Art.1º, descreve trânsito como o sendo:

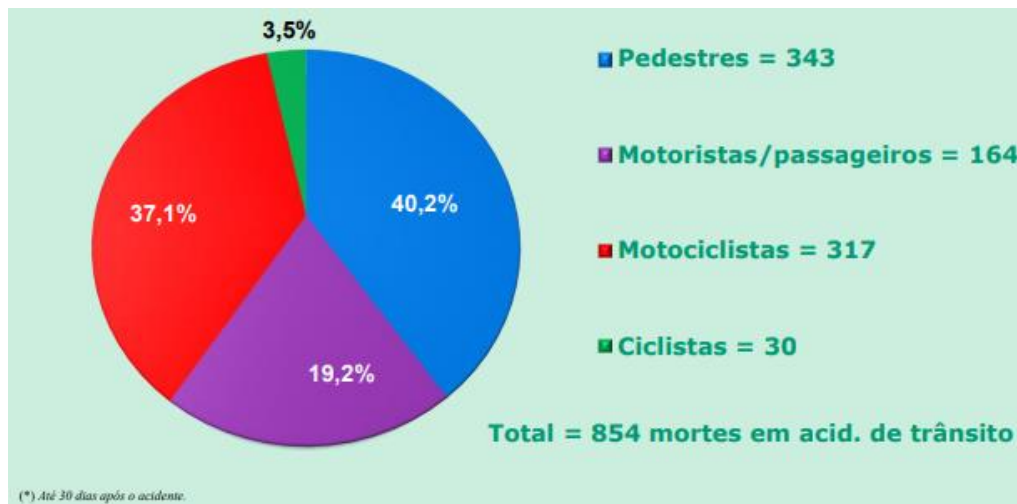
"A utilização das vias por pessoas veículos e animais, isolados ou em grupos, conduzidos ou não, para fins de circulação, parada, estacionamento e operação de carga ou descarga."
(DENATRAN, 2008).

Segundo a AASHTO (2010), acidentes são eventos raros e aleatórios. Por raro, implica que os acidentes representam apenas uma pequena proporção do número total de eventos que ocorrem em um sistema de transportes. Aleatório significa que os acidentes ocorrem em função de um conjunto de eventos influenciados por diversos fatores, que são parcialmente determinísticos (podem ser controlados) e parcialmente estocásticos (randômicos e imprevisíveis). Um evento se refere ao movimento de um ou mais veículos e ou pedestres e ciclistas na rede de transporte. Um acidente é definido como (BRASIL, 2010):

"Ocorrência fortuita ou não, em decorrência do envolvimento em proporções variáveis do homem, do veículo, da via e demais elementos circunstanciais, da qual tenha resultado ferimento, dano, estrago, avaria, ruína etc."

Mesmo com a redução de acidentes com óbitos nos últimos anos na cidade de São Paulo, Estado de São Paulo, Brasil, as categorias mais vulneráveis (ciclistas, pedestres e motociclistas) representaram de 2016 a 2017, 80% das vítimas com ferimentos e 80% das vítimas fatais, confirmando a fragilidade destes usuários (CET, 2016). A Figura 2 mostra o percentual de vítimas mortas em acidentes, em função da categoria.

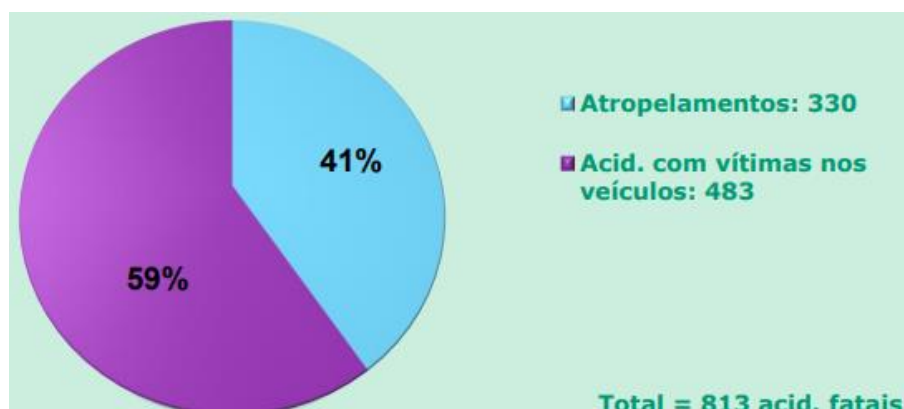
Figura 2 - Acidentes de trânsito fatais em São Paulo vítimas mortas por usuário das vias de 2016 a 2017



Fonte: CET, (2016).

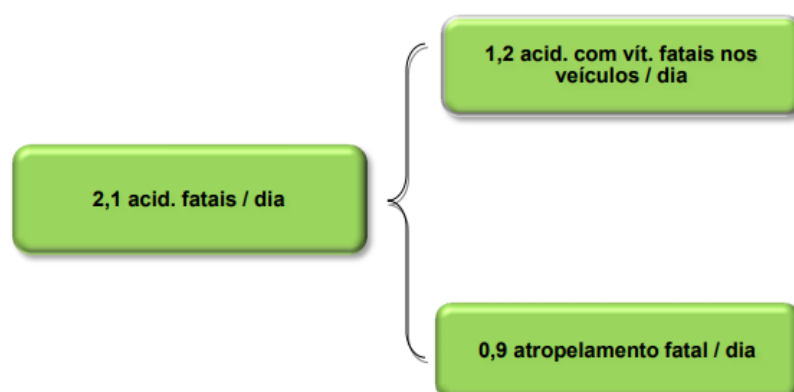
De cada 20 acidentes com vítimas um foi fatal, totalizando 813 sinistros fatais e 854 mortes nesse ano. No caso dos acidentes fatais, os atropelamentos foram o tipo de acidente mais comum, com 330 ocorrências, conforme ilustrado na Figura 3. Quanto às mortes, os pedestres representaram 40% do total e o número de motociclistas mortos foi o dobro dos motoristas/passageiros, apesar da frota de automóveis ser seis vezes superior (CET, 2016). A Figura 4 mostra a média diária de acidentes fatais em São Paulo por tipo.

Figura 3 – Acidentes fatais em São Paulo por tipo



Fonte: CET, (2016).

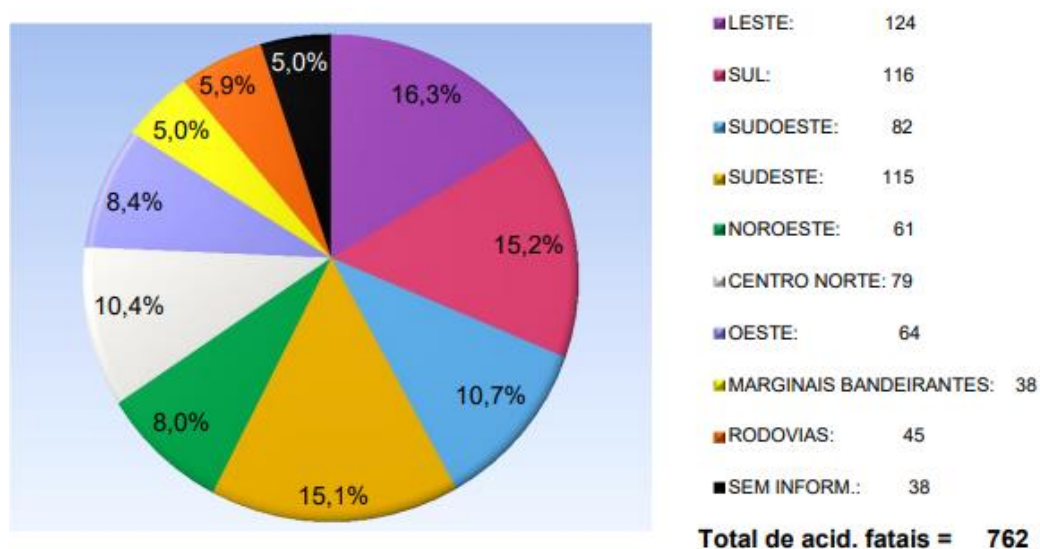
Figura 4 - Média diária de acidentes fatais em São Paulo por tipo



Fonte: CET, (2017).

A Figura 5 ilustra os números de acidentes fatais nas Gerências de Engenharia de Tráfego (GET's). As áreas das GET's leste (LE) e sudeste (SU) apresentaram as maiores incidências de atropelamentos fatais enquanto acidentes fatais com vítimas nos veículos foram maiores na GET Sudoeste (SE). A GET marginais bandeirantes (MB) destacou-se pelo menor número de atropelamentos fatais, metade do observado nas rodovias do Estado.

Figura 5 – Acidentes fatais por regiões (GET)



Fonte: CET, (2017).

Em 2017, a variação dos atropelamentos durante a semana foi bem pequena como pode ser observado na Figura 6. Aos domingos os atropelamentos foram ligeiramente menores comparando com os outros dias da semana. Nas madrugadas ocorreram bem

menos atropelamentos do que nos demais períodos do dia. O período noturno foi o que demonstrou maior índice de atropelamentos.

Figura 6 - Atropelamentos por dia da semana e período do dia

	seg	ter	qua	qui	sex	sáb	dom
madrug.	34	23	21	25	30	74	72
manhã	160	146	145	140	116	96	58
tarde	139	144	139	146	165	145	132
noite	166	146	166	176	172	140	119

Legenda	Atropelamentos:	até 34 ac.	35-99 ac.	100-170 ac.	> 170 ac.
	Acid. com vít. nos veíc,	até 159 ac.	160-249 ac.	250-450 ac.	> 450 ac.
	Total de acidentes:	até 199 ac.	200-359 ac.	360-620 ac.	> 620 ac.

(*) Madrugada: 00:00 às 05:59; manhã: 06:00 às 11:59; tarde: 12:00 às 17:59; noite: 18:00 às 24:59.

Fonte: CET, (2017).

A Figura 7 mostra as principais vias e avenidas da região Sul da cidade de São Paulo, nas quais representam os maiores índices de acidentes.

Figura 7 - Vias com mais acidentes, por tipo de acidente e de vítima

Nº	Avenida / Rua	Atropelamentos			Acid. com vítimas nos veículos			Total		
		Acid.	Feridos	Mortes	Acid.	Feridos	Mortes	Acid.	Feridos	Mortes ¹
4	Estr. de Itapeperica	16	19	1	124	148	8	140	167	9
13	Av. Washington Luís	10	8	2	79	102	3	89	110	5
20	Estr. do Campo Limpo	12	15	1	61	76	2	73	91	3
43	Av. Carlos Caldeira Filho	11	9	4	43	50	11	54	59	15

Fonte: CET, (2017).

2.2 Pedestre

Pedestre é uma categoria de usuários do sistema viário que engloba adultos, crianças, idosos e pessoas com limitações motoras (CTB, 1997). Logo todos que transitam a pé no espaço público são considerados pedestres. Ser pedestre é uma

condição natural do ser humano. Com o objetivo de gerar maior conforto e mobilidade, especialmente em longos percursos, o homem criou e desenvolveu tipos de veículos e de sistemas de tração. A partir daí surgiram duas novas condições: a de passageiro e a de condutor (DAROS, 2000).

O pedestre faz parte do cenário urbano. Para que o caminhar se dê de forma fluída, é fundamental que haja uma rede de circulação onde os deslocamentos se interliguem através de calçadas, travessias, passarelas e escadas. Ou seja, a condição de circular a pé pelas vias em segurança e com conforto torna-se um desafio a ser alcançado diariamente. Todos os pedestres podem utilizar em seus deslocamentos, durante algum tempo ou de forma permanente, equipamentos que o auxiliem em sua caminhada: bengalas, muletas, andadores e cadeiras de rodas, o que atribui a essas caminhadas características próprias (Cartilha do Pedestre/CET, 2017). De acordo com CTB (1997):

Art. 29, § 2º- Respeitadas as normas de circulação e conduta estabelecidas neste artigo, em ordem decrescente, os veículos de maior porte serão sempre responsáveis pela segurança dos menores, os motorizados pelos não motorizados e, juntos, pela incolumidade dos pedestres (CTB, 1997).

Os pedestres, ao contrário dos automóveis, são considerados como figuras frágeis. Sendo obrigado a se virar em calçadas irregulares, caminhar em locais muito estreitos ou a falta de calçadas, ou até mesmo invasão de estabelecimentos na calçada. Suas vozes são fracas, física e politicamente sendo imposto a eles aceitarem essas situações caladamente (DAROS, 2000).

2.3 Faixa de pedestres

A faixa de travessia de pedestres delimita a área destinada à travessia de pedestres e regulamenta a prioridade de passagem dos mesmos em relação aos veículos, nos casos previstos pelo CTB.

As faixas de travessia de pedestres são marcas dispostas transversalmente ao eixo da via, para definir a área destinada à travessia de pedestres e regulamentares a prioridade de passagem dos pedestres em relação aos veículos (DNIT, 2010). É assegurada aos pedestres uma faixa de pedestres ou passagens apropriadas nas vias

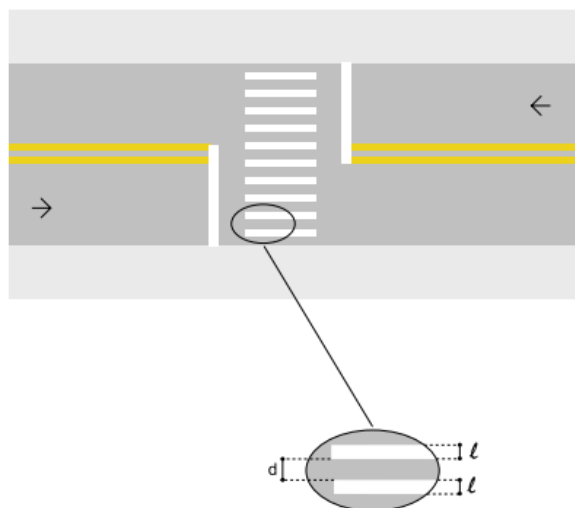
urbanas e em vias rurais para circulação, ficando a cargo das autoridades competentes utilizarem parte da calçada para outros fins, desde que não prejudique fluxo de pedestres (DAROS, 2000).

As Linhas de Travessia de Pedestres não devem ser usadas indiscriminadamente, a fim de se evitar o seu descrédito por parte dos motoristas, e sim avaliada cuidadosamente a sua necessidade e melhor localização, sendo recomendáveis principalmente onde os pedestres não puderem de outra forma, reconhecer o ponto apropriado da travessia (DNER, 1999).

A FTP compreende dois tipos, ambos na cor branca, conforme a Resolução n° 160/04 do CONTRAN:

- FTP – 1 (Zebrada) A FTP-1, tipo zebrada, mais comumente utilizada em vias urbanas como ilustrada na Figura 7. Este tipo é composto por linhas contínuas de cor branca, paralelas entre si e ao eixo da via. A largura e espaçamento entre elas é de 40 centímetros e comprimento de 4,0 metros, distando, pelo menos, 1,20 metros das Linhas de Retenção (LRE). Ainda se estendem pelo acostamento, quando este for pavimentado. Admitem-se variações em relação às dimensões apresentadas, em função de peculiaridades locais.

Figura 8. Exemplo de uma FTP-1

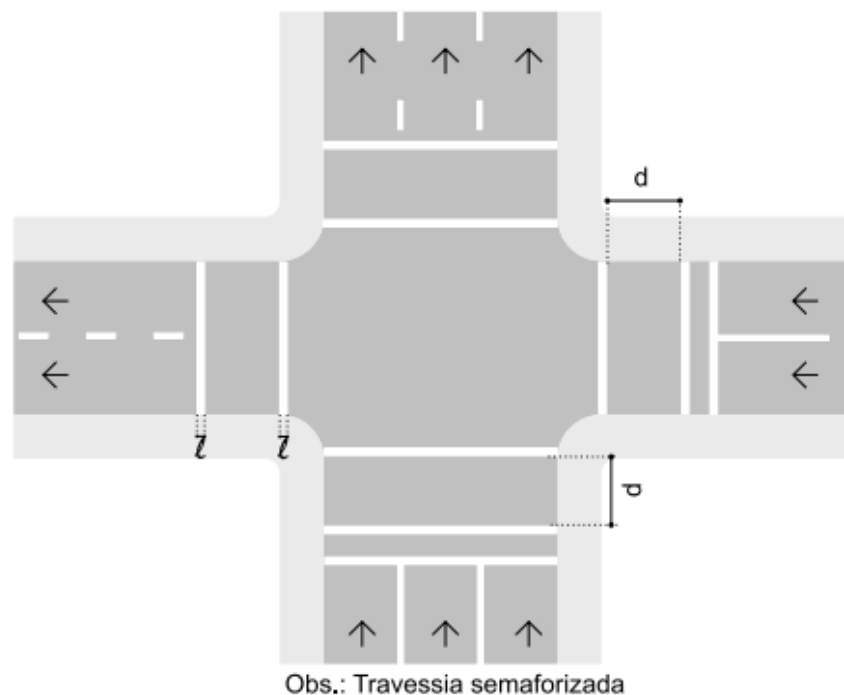


Fonte: CONTRAN (2007).

A FTP deve ser utilizada em locais semaforizados ou não, onde o volume de pedestres for significativo, tais como em polos geradores de tráfego, ou em locais específicos, onde aspectos de segurança devem ser observados, tais como escolas, hospitais, postos de saúde, entre outros.

- FTP-2 (Paralela) - Nos casos em que a FTP esteja associada a um semáforo, poderá ter a forma paralela, FTP-2 (Figura 9). A largura (l) das linhas varia de 0,40 m a 0,60 m. A distância (d) mínima entre as linhas é de 3,00 m, sendo recomendada 4,00m (Figura 9). Nos casos em que o volume de pedestres indique a necessidade de uma faixa de travessia com largura superior a 4,00 m, está deve ser FTP do Tipo 1 (Zebrada).

Figura 9. Uso de FTP-2 em cruzamento semaforizado



Fonte: CONTRAN (2007).

A faixa de travessia de pedestres deve ser implantada em locais adequados para garantir sua eficiência por completo que consiste em aumentar a segurança dos pedestres. Sendo assim, a escolha do tipo de travessia é muito importante para diminuir o risco de acidentes (DENATRAN, 1979).

Em geral, os dois tipos de travessia em nível utilizados são (DENATRAN, 2014):

- Travessia com faixa para pedestres, sem semáforo e,
- Travessia com faixa de pedestres, com semáforo.

2.3.1 Travessia com faixa para pedestres, sem semáforo

O pedestre que se encontra sobre a faixa de travessia possui preferência, ficando a cargo do veículo que se aproxima reduzir sua velocidade ou parar o veículo para que o pedestre conclua a travessia (CTB, 1997).

Em travessias com faixa de pedestres que não possuem semáforo (Figura 10), são locais de baixo fluxo de pedestres ou pouca variação durante o dia, considerando também baixa frequência de pedestres em horários de fluxo intenso de veículos. Deve ser observado também um intervalo considerável entre veículos para que a travessia da via por parte dos pedestres possa ocorrer com conforto e segurança (DENATRAN, 2014).

Figura 10 - Travessia com faixa para pedestres, sem semáforo



Fonte: Autor, (2018).

2.3.2 Travessia com faixa para pedestres, com semáforo

O uso de semáforos para travessia é de caráter obrigatório quando a via atingir o parâmetro de verificação da necessidade da sinalização semafórica conforme o *Manual de Semáforos* (DENATRAN, 1978).

As diretrizes recomendam os seguintes volumes mínimos para implantação de faixa de pedestres controlada por semáforos: 250 pedestres/hora, em ambos os sentidos da travessia, e 600 veículos/hora para via de mão dupla sem canteiro central; ou 1.000 veículos/hora, quando há canteiro central com, pelo menos, 1 m de largura (DENATRAN, 1978). A Figura 11 ilustra essa travessia.

Figura 11 - Travessia com faixa de pedestres, com semáforo



Fonte: Autor, (2018).

Observa-se que nas interseções ocorre maior fluxo de pedestres atravessando as vias. A implantação de semáforos, mesmo que só para veículos, garante maior segurança para os pedestres, pois permite que eles realizem a travessia no tempo de vermelho alocado aos veículos. De outro modo, a implantação de semáforos destinado a

travessia de pedestres (grupo focal para o pedestre) funcionando em conjunto com o semáforo para veículos é extremamente recomendável (DENATRAN,1978).

2.4 Sinalização

Sinalização consiste no sistema de dispositivos fixos ou não, a ser colocado ao longo da via, sinalização prevista, destinada a condutores e pedestres, vedada a utilização de qualquer outra. A sinalização será posicionada em condições que fique visível e legível ao longo do dia e no período noturno, respeitando as normas e especificações do Contran. Em vias públicas e nos imóveis é proibido colocar luzes, publicidade, inscrições e vegetação que possam interferir na visibilidade da sinalização e comprometer a segurança do trânsito (CTB, 2013).

A sinalização rodoviária sofreu melhorias com o passar do tempo tendo uma maior regularidade, isso é um reflexo devido ao aperfeiçoamento dos materiais utilizados e a implantação cada vez mais moderna. Os usuários, também sofrem uma evolução melhorando seu comprometimento com a segurança e absorvendo de forma eficiente as mensagens transmitidas pela sinalização (SENÇO,1997).

A sinalização deve chamar a atenção do usuário, para que ele tenha um tempo de reação adequado. A atenção requerida é influenciada, principalmente, pelo seguinte conjunto de fatores pertencentes à via (DNER, 1999):

- Densidade e tipo do tráfego da via;
- Velocidade dos veículos;
- Características geométricas da via;
- Tipo de ocupação lateral da via;

O CONTRAN (2007) traz alguns princípios que devem ser seguidos para garantir a eficácia da sinalização, obedecendo aos critérios de visibilidade de modo a permitir uma percepção e interpretação objetiva por parte dos usuários da via, os quais sejam:

- Legalidade: As demarcações viárias devem seguir o Código de Trânsito Brasileiro (CTB) e legislações complementares;
- Suficiência: A quantidade de sinalização deve ser utilizada conforme a necessidade e ser de fácil percepção;
- Padronização: Devem seguir padrões legalmente estabelecidos;

- Uniformidade: Situações iguais devem ser sinalizadas da mesma maneira, de modo a conquistar a confiança do usuário;
- Clareza: Transmitir informações objetivas e de fácil interpretação;
- Precisão e confiabilidade: A sinalização deve ser precisa e ter credibilidade, correspondendo à situação existente;
- Visibilidade e legibilidade: Ser vista à distância necessária para ser interpretada em tempo hábil para a tomada de decisão;
- Manutenção e conservação: Estar limpa, conservada e visível.

2.4.1 Sinalização Vertical

A sinalização vertical é composta por mensagens e símbolos de fácil compreensão, através de placas, painéis ou dispositivos auxiliares, situados ao longo da via suspensos ou as margens na posição vertical, que têm como propósito a regulamentação do uso da via, e advertir o usuário para situações de perigo, portanto requer uma padronização da sinalização para que se mantenha no campo visual do usuário (DNIT, 2010).

O seguimento das especificações técnicas adequados deve garantir uma legibilidade clara e concisa da mensagem e permitir tempo hábil de antecipação de acordo com as características físicas e operacionais da via (SAMPEDRO, 2010).

O CONTRAN (2007) classifica a sinalização vertical conforme sua função, que pode ser de:

- regulamentar as obrigações, limitações, proibições ou restrições que governam o uso da via;
- advertir os condutores sobre condições com potencial risco existentes na via ou nas suas proximidades, tais como escolas e passagens de pedestres;
- indicar direções, localizações, pontos de interesse turístico ou de serviços e transmitir mensagens educativas, dentre outras, de maneira a ajudar o condutor em seu deslocamento.

De acordo como manual do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (DNER, 1999) a padronização de cores, dos diferentes sinais são identificados de acordo com a sua categoria funcional, por meio de cinco cores da escala cromática:

- sinais de regulamentação - vermelho;
- sinais de advertência - amarelo;
- sinais de indicação - verde;
- sinais de serviços auxiliares - azul;
- sinais de educação - branco.

Além de determinar uma deflexão horizontal proposta pelo CONTRAN (2007) também, o DNIT (2010) determina que aos sinais suspensos devem ter os painéis posicionados de maneira a formar um ângulo com a vertical de 3° a 5° conforme mostrado na Figura 9.

Figura 12 - Deflexão Vertical da Sinalização Vertical junto a via



Fonte: BRASIL, (2010)

2.4.1.1 Critérios de locação

Segundo o CONTRAN (2007) a sinalização de advertência deve ser colocada antes do ponto onde ocorre o perigo ou situação inesperada a uma distância mínima em que permita ao condutor tempo suficiente para perceber, reagir e manobrar de forma segura.

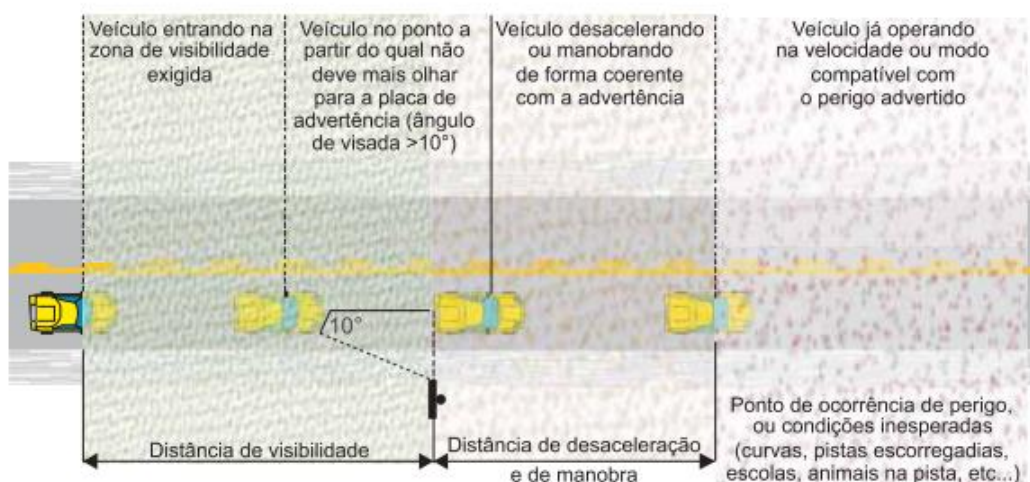
Para posicionamento ao longo da via são analisados os seguintes aspectos:

- Distância de Visibilidade;
- Distância de Manobra/e ou desaceleração.

O posicionamento da sinalização junto a via segue conforme mostrado na Figura

13.

Figura 13 - Localização da sinalização de advertência junto a via



Fonte: CONTRAN (2007).

2.4.1.2 Distância de Visibilidade

Segundo o CONTRAN (2007) a distância mínima de visibilidade é calculada em função da velocidade de aproximação do veículo, consideram um tempo de percepção/reação de 2,5 s, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Distância de Visibilidade da Sinalização de Advertência

Velocidade de aproximação (km/h)	Distância mínima de visibilidade (m)
40	60
50	70
60	80
70	85
80	95
90	105
100	115
110	125
120	135

Fonte: CONTRAN (2007).

2.4.1.3 Distância de desaceleração e/ou manobra

Segundo o CONTRAN (2007) A distância entre a placa e o ponto crítico ou situação inesperada deve ser tal que permita a desaceleração e/ou manobra, até a parada se necessário, conforme a placa ou a situação determinada.

A Tabela 2 apresenta as distâncias mínimas necessárias para desaceleração e/ou manobra através da correlação entre a velocidade de aproximação do veículo e a velocidade final necessária para garantir a segurança do trânsito.

Tabela 2 - Distância de desaceleração e/ou manobra

Velocidade Aproximação (km/h)	Distância de desaceleração e/ou manobra – (m):												
	Veloc. km/h	zero	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
40	Distância (m)	31	29	23	14	-							
50		48	46	41	31	17	-						
60		69	68	62	52	39	21	-					
70		95	93	87	77	64	46	25	-				
80		123	122	116	106	93	75	54	29	-			
90		156	154	149	139	125	108	87	62	33	-		
100		193	191	185	176	162	145	123	98	69	37	-	
110		232	231	226	216	203	185	164	139	110	77	41	-
120		278	276	270	260	247	230	208	183	154	122	85	44

Fonte: CONTRAN (2007)

O CONTRAN (2007) adota alguns padrões de distância mínima necessária para se efetuar a manobra de desaceleração e/ou a parada conforme mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Distância mínima de desaceleração e/ou manobra

Tipo de via	Velocidade (V) (km/h)	Distância mínima de desaceleração e/ou manobra (m)
Urbanas	$V < 60$	50
	$60 \leq V \leq 80$	100
	$V \geq 80$	150
Rurais	$V < 60$	100
	$60 \leq V \leq 80$	150
	$V \geq 80$	200

Fonte: CONTRAN (2007).

2.4.1.4 Películas usadas na Sinalização Vertical

No Brasil, a Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) que especifica os materiais retrorrefletivos que podem ser utilizados na sinalização vertical é a NBR

14644/2007, nela são indicados os materiais, as tecnologias adotadas de medição e os índices de retrorrefletividade.

A norma indica os seguintes tipos de películas retrorrefletivas (NBR 14644, 2007):

- Tipo IA, - denominadas como “grau técnico ou grau engenharia” que são constituídas por microesferas de vidro, agregadas a uma resina sintética, espelhadas por filme metalizado e recobertas por um filme plástico e flexível, que confere uma superfície lisa e plana, permitindo apresentar a mesma cor, durante o dia e a noite, quando observados à luz dos faróis dos veículos;

- Tipo IB denominadas de “grau superengenharia”, são idênticas às películas Tipo IA, porém com material de melhor qualidade, permitindo valores de retrorreflexão mais elevados;

- Tipo II comercialmente conhecida como “alta intensidade”, são constituídas por microesferas de vidro agregadas a uma resina sintética em uma camada de ar, cobertas por um filme plástico transparente e flexível, que confere uma superfície lisa e plana, permitindo apresentar a mesma cor durante o dia e noite quando observada à luz dos faróis de um veículo ;

- Tipo III - são conhecidas como “alta intensidade prismática” é constituída por lentes prismáticas não metalizadas, gravadas em uma resina sintética transparente e selada em uma camada de ar por uma fina camada de resina, que confere uma superfície lisa e plana permitindo apresentar mesma cor durante o período do dia e durante o período da noite quando incidida pela luz dos faróis de um veículo. Essas películas devem ser resistentes às intempéries e possuir um adesivo sensível à pressão, protegido por um filme de fácil remoção. As cores fluorescentes proporcionam aos motoristas maior impacto visual, em comparação às cores normais, durante o período diurno e noturno, sob condições de baixa visibilidade e até mesmo durante o amanhecer, entardecer ou quando existir neblina. São utilizadas nas seguintes cores: amarelo laranja e amarela lima-limão. (LIBERALESSO, 2014).

- Tipo IV - são constituídas por filmes plásticos vinílicos com plastificante polimérico, destinado a produção de tarjas, legendas e símbolos em placas de sinalização. As películas devem possuir um adesivo sensível à pressão, protegidos por um filme de fácil remoção. São utilizados para aplicação sobre películas retrorrefletivas da cor branca;

-Tipo V - são coloridas translúcidas e constituídas por um filme plástico projetado para a fabricação de sinais por corte eletrônico. As películas devem ser resistentes às intempéries e possuir um adesivo sensível à pressão;

- Tipo VI - são elastométricas, constituídas por lentes prismáticas vinílicas não metalizadas, sem adesivo, sem necessidade do uso de substrato, para uso temporário, gravadas em uma resina sintética transparente que confere uma superfície lisa e plana, permitindo apresentar mesma cor durante o dia e a noite quando incidida pela luz dos faróis de um veículo;

- Tipo VII - são indicadas para longas e médias distâncias e são constituídas por lentes prismáticas não metalizadas, gravadas em uma resina sintética transparente e seladas em uma camada de ar por uma fina camada de resina, que confere uma superfície lisa e plana;

- Tipo VIII - são indicadas para longas e médias distâncias e são constituídas por lentes prismáticas metalizadas, gravadas em uma resina sintética transparente, que confere uma superfície lisa e plana;

- Tipo IX - são indicadas para médias e curtas distâncias e são constituídas de lentes prismáticas não metalizadas, gravadas em uma resina sintética transparente e selada em uma camada de ar por uma fina camada de resina, que confere uma superfície lisa e plana;

- Tipo X - são indicadas para longas, médias e curtas distância, são constituídas por lentes prismáticas não metalizadas, gravadas em uma resina sintética transparente e selada em uma camada de ar por uma fina de resina, que confere uma superfície lisa e plana, permitindo apresentar a mesma cor, durante o período diurno e o noturno quando observada à luz dos faróis de um veículo.

A Tabela 4 mostra a tecnologia empregada para as películas, os tipos de películas, os respectivos nomes comerciais, a durabilidade e a retenção de retrorrefletividade.

Tabela 4 - Tipos de Materiais Retrorefletivos dos Sinais Verticais de Trânsito

Base Tecnológica	Tipo de Película	Nome comercial	Durabilidade (anos)	Retenção da retrorefletividade (% em relação à inicial)
Micro Esferas de Vidro	Tipo IA	Grau Técnico ou Grau engenharia	7	50%
	Tipo IB	Super Grau Engenharia	10	80%
	Tipo II	Alta Intensidade Encapsulado	10	80%
Prismática	Tipo III	Alta Intensidade Prismática	10	80%
	Tipo VI	Obras (Elastomérica)	3	80%
	Tipo VII	Grau Diamante LDP ou Prismática	10	80%
	Tipo VIII	Conspicuity Metalizado	10	80%
	Tipo IX	Grau Diamante VIP	10	80%
	Tipo X	Grau Diamante Cúbico ou Omni	10	80%

Fonte: NBR 14644, (2007).

Esta norma especifica a retrorefletividade mínima inicial para todas as cores padronizadas de sinalização viária. Mostra a retrorefletividade nos ângulos, mas comumente utilizados para leitura, os de 0,2° de observação e -4° de entrada, conforme Tabela 5.

Tabela 5 - Retrorefletividade Mínima Inicial das Películas de Sinalização Viária

Tipos de Película	Retrorefletividade inicial (cd/lux/m ² a 0,2° e -4°)									
	CORES PADRONIZADAS DE SINALIZAÇÃO									
	Branca	Amarela	Laranja	Verde	Vermelha	Azul	Marrom	Amarela lima-limão fluorescente	Amarela fluorescente	Laranja fluorescente
Tipo IA	70	50	25	9	14	4	1	-	-	-
Tipo IB	140	10	60	30	30	10	5	-	-	-
Tipo II	250	170	100	45	45	20	12	-	-	-
Tipo III	360	270	145	50	65	30	18	290	220	105
Tipo VI	500	350	125	60	70	45	-	400	300	200
Tipo VII	700	525	265	70	105	42	21	480	375	200
Tipo VIII	700	470	280	120	120	56	-	-	-	-
Tipo IX	380	285	145	38	76	17	-	300	230	115
Tipo X	425	395	210	52	106	26	-	420	330	165

Fonte: NBR 14644, (2007).

Quanto maior o índice de refletividade, ou seja, mais “brilhante” é a película, maior a eficácia do retorno da luz incidente do farol aos olhos do motorista. (CASTILHO, 2009)

2.4.2 Sinalização Horizontal

Sinalização rodoviária horizontal é o conjunto de marcas, símbolos e legendas aplicados sobre o revestimento da pista de uma rodovia, de acordo com um projeto desenvolvido para propiciar condições de segurança e de conforto ao usuário da rodovia. (DNIT, 2017)

A sinalização horizontal é um subsistema da sinalização viária composta de marcas, símbolos e legendas, sobre o pavimento da pista de rolamento. A sinalização horizontal tem a função de fornecer informações aos usuários compreendendo as proibições, restrições, para garantir sua segurança e permitir uma maior fluidez do trânsito, ordenar o fluxo de tráfego. Em algumas situações a sinalização horizontal atua somente como controladora de fluxos, podendo ser utilizada como um complemento da sinalização vertical da via. Com a propriedade de transmitir informação da via aos condutores e pedestres, possibilitando seu entendimento, sem que haja desvio de atenção de ambas as partes, contudo a sinalização deve ser de fácil compreensão por todo usuário, independentemente de sua origem ou da frequência com que utiliza a via. (CONTRAN, 2017).

O CONTRAN (2017) classifica a sinalização horizontal de acordo com a sua função:

- Ordenar e canalizar o fluxo de veículos;
- Orientar o fluxo de pedestres;
- Orientar os deslocamentos de veículos em função das condições físicas da via, tais como, geometria, topografia e obstáculos;
- Complementar os sinais verticais de regulamentação, advertência ou indicação, visando enfatizar a mensagem que o sinal transmite;
- Regulamentar os casos previstos no Código de Trânsito Brasileiro (CTB).

De acordo com o DNIT (2010) a sinalização horizontal é classificada em:

a) Marcas longitudinais: separam e ordenam os fluxos de tráfego e regulamentam a ultrapassagem, conforme a cor: - Linhas contínuas: servem para delimitar a pista e separar faixas de tráfego de fluxos veiculares de mesmo sentido ou de sentidos opostos de circulação, conforme a cor. - Linhas tracejadas ou seccionadas: ordenam os fluxos veiculares de mesmo sentido ou de sentidos opostos de circulação, conforme a cor.

b) Marcas transversais: ordenam os deslocamentos de veículos (frontais) e de pedestres, induzem a redução de velocidade e indicam posições de parada em interseções e travessia de pedestres.

c) Marcas de canalização: usadas para direcionar os fluxos veiculares em situações que provoquem alterações na trajetória natural, como nas interseções, nas mudanças de alinhamento da via e nos acessos.

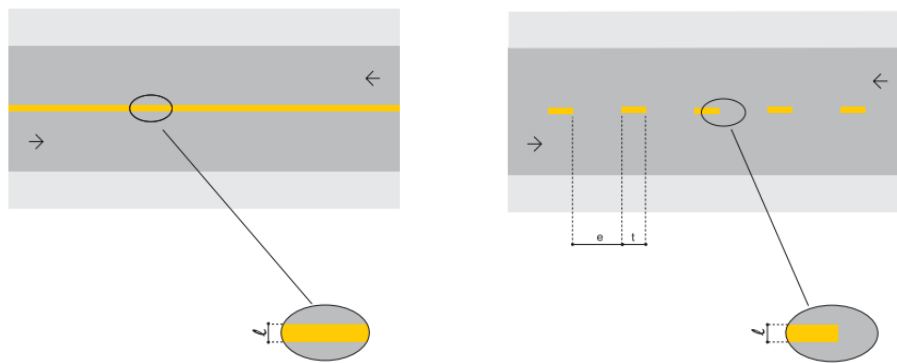
d) Marcas de delimitação e controle de parada e/ou estacionamento: usadas em associação à sinalização vertical, para delimitar e controlar as áreas onde o estacionamento ou a parada de veículos é proibida ou regulamentada.

e) Inscrições no pavimento: setas direcionais, símbolos e legendas: usadas em complementação ao restante da sinalização horizontal, para orientar e advertir o condutor quanto às condições de operação da via.

Ainda dividem-se em (CONTRAN, 2007):

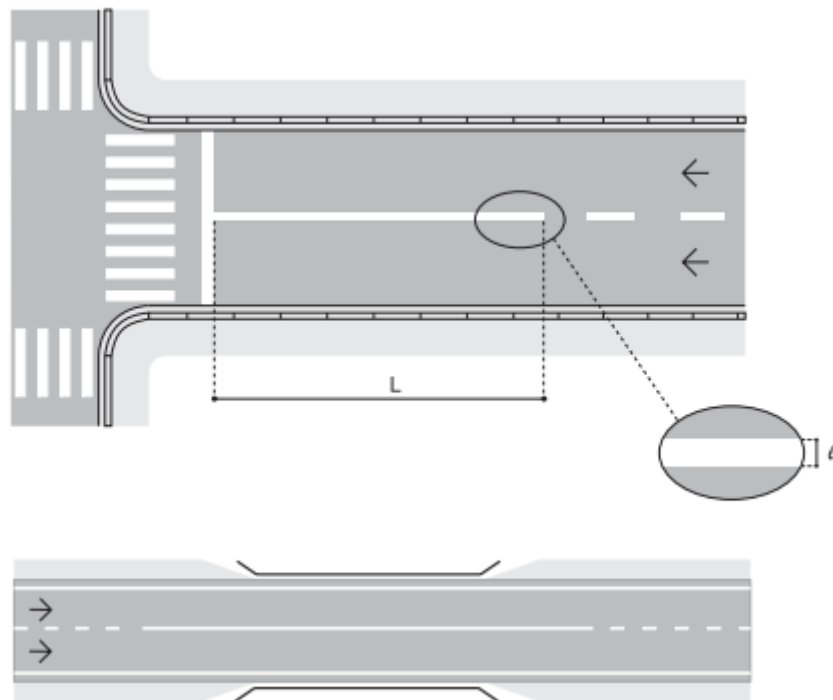
- Linha de Divisão de Fluxos opostos (LFO), (Figura 14), que divide fluxos opostos de circulação, delimitando o espaço disponível para cada sentido e regulamentando os trechos em que a ultrapassagem e os deslocamentos laterais são proibidos (linha contínua) ou permitidos (linha tracejada) são representadas na cor amarela, as dimensões do traço e o espaçamento são definidos de acordo com a velocidade da via;
- Linha de Divisão de Fluxos de mesmo sentido (LMS), (Figura 15), que ordena fluxos de mesmo sentido de circulação delimitando o espaço disponível para cada faixa de trânsito e regulamentando as situações em que são proibidas a ultrapassagem e a transposição de faixa de trânsito, por comprometer a segurança viária, sendo representada na cor branca e suas dimensões seguem a velocidade regulamentada da via;

Figura 14 - Divisão de Fluxos Opostos



Fonte: CONTRAN(2007).

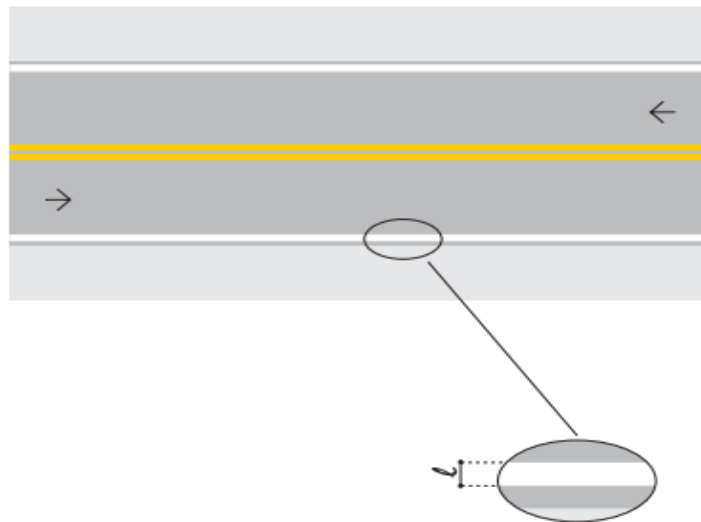
Figura 15 - Linhas de Divisão de Fluxos de Mesmo Sentido



Fonte: CONTRAN (2007).

- Linha de Bordo (LBO), (Figura 16), que delimita, através de linha contínua, a parte da pista destinada ao deslocamento dos veículos, estabelecendo seus limites laterais, sendo usada a cor branca;

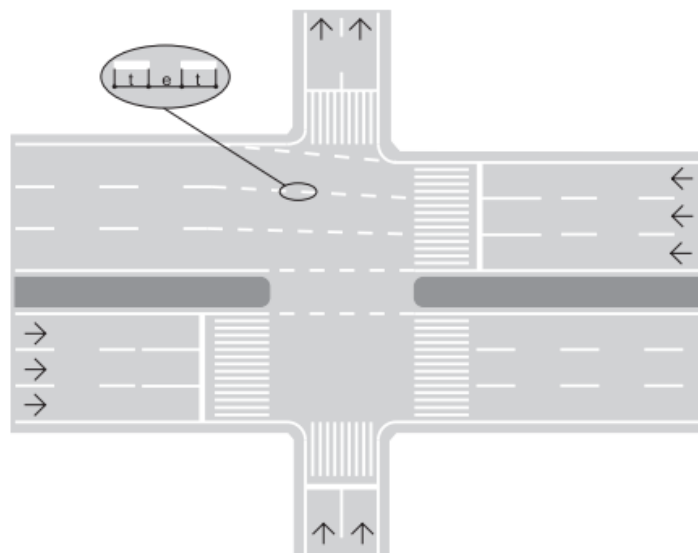
Figura 16 - Linha de Bordo



Fonte: CONTRAN (2007).

- Linha de Continuidade (LCO), (Figura 17), que dá continuidade visual às marcações longitudinais principalmente quando há quebra o alinhamento em trechos longos ou em curvas sendo utilizada a cor branca ou amarela;

Figura 17. Linha de Continuidade

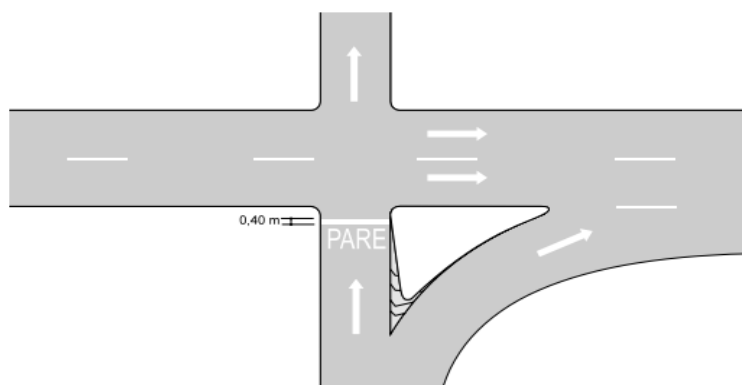


Fonte: CONTRAN (2007).

- Linha de retenção (LRE) que é a marca transversal contínua, na cor branca, aplicada sobre a faixa de rolamento, com o objetivo de indicar ao condutor o local limite que deve parar o veículo (Figura 18). Esta linha deve ter largura variando

de 40 centímetros, nas aproximações da via principal (portanto, situada em ramos ou pistas secundárias), a 60 centímetros, quando situada na própria via principal. Em situações de cruzamento de pista, elas se situam de forma paralela à via a ser cruzada, com afastamento mínimo de 1,0 m da borda daquela via (DNIT, 2010);

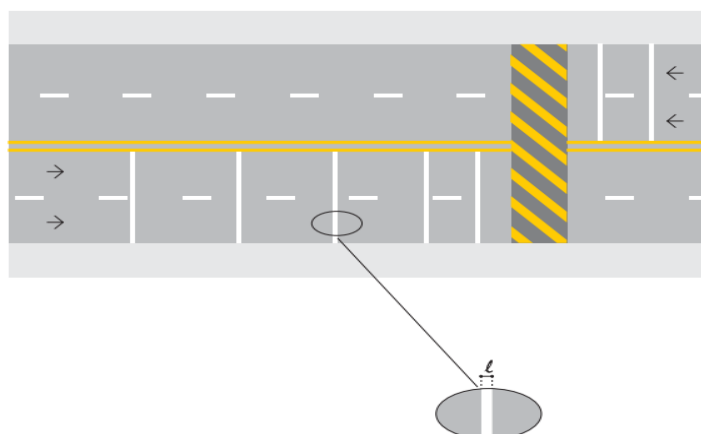
Figura 18 – Linha de Retenção



Fonte: CONTRAN (2007).

- Linhas de estímulo a redução de velocidade (LRV) que é um conjunto de linhas paralelas que, que produzem um efeito que induz o condutor a reduzir a velocidade do veículo, pra que se ajuste ao limite da via em um ponto adiante na via (Figura 19);

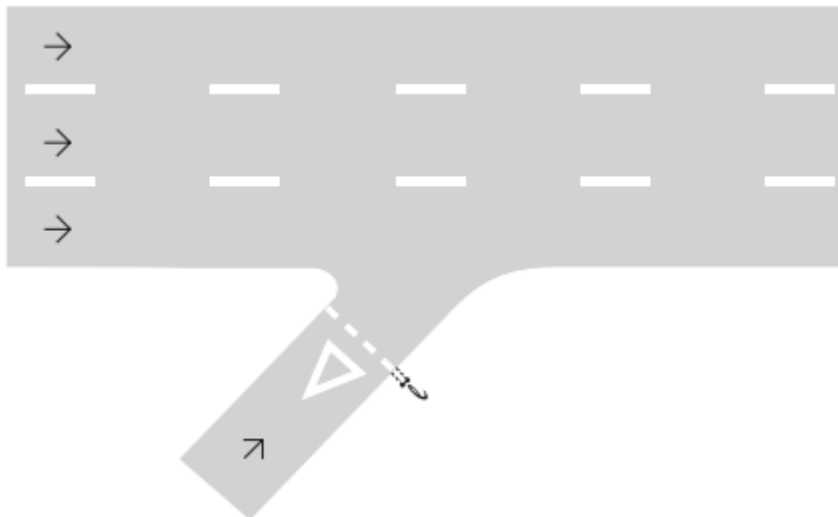
Figura 19 - Linha de Estímulo de Redução de Velocidade



Fonte: CONTRAN (2007).

- Linha de “Dê a preferência” (LDP), utilizada como reforço ao sinal de regulamentação R-2 “Dê a Preferência”, indicando a existência de cruzamento com via que tem a preferência de passagem (Figura 20);

Figura 20 - Linha de "Dê a Preferência"



Fonte: CONTRAN (2007).

2.4.2.1 Cores

Conforme CONTRAN (2007), as demarcações da sinalização horizontal se apresentam em cinco cores:

- Amarela: utilizada principalmente na separação de fluxos de sentidos opostos e na regulamentação de ultrapassagens. Usada também para delimitar 20 espaços onde é proibido o estacionamento e/ou parada e na marcação de obstáculos, tais como lombadas;
- Branca: utilizada na separação de fluxos de mesmo sentido; na delimitação de espaços onde é permitido o estacionamento; na marcação de faixas de travessias de pedestres e na pintura de símbolos e legendas;
- Vermelha: utilizada em ciclovias e ciclo faixas na regulação do espaço destinado ao deslocamento de bicicletas; e como símbolo em forma de cruz utilizada em hospitais e farmácias;

- Azul: utilizada nas pinturas de símbolos em áreas especiais de estacionamento de pessoas portadoras de deficiência física;
- Preto: utilizada em pavimentos claros, especialmente os pavimentos de concreto, para proporcionar contraste entre o pavimento e a pintura, não constituindo propriamente uma cor de sinalização.

2.4.2.2 *Dimensões*

A largura das faixas longitudinais é definida conforme função e características de operação da via. As tracejadas, são dimensionadas em função do tipo de linha e/ou em função da velocidade regulamentada para a via. Para as transversais, a largura e o dimensionamento de símbolos e legendas são definidos de acordo com as características físicas da via, conforme Tabela 6.

Tabela 6- Dimensões Mínimas das Linhas

Tipo de rodovia	Largura da linha (cm)
Classe I-B ou inferior	10
Classe I-A	15
Classe 0	20

Fonte: CONTRAN (2007).

Para o as linhas longitudinais possuem largura variável, em função da velocidade regulamentada na rodovia (BRASIL, 2010), conforme mostra a Tabela 7.

Tabela 7 – Largura das linhas longitudinais em função da velocidade

Velocidade (V) (km/h)	Largura da linha (cm)
$V < 80$	10
$V \geq 80$	15

Fonte: CONTRAN, (2007).

2.4.2.3 *Materiais*

Na escolha do material (Tabela 8) mais apropriado para a pintura de sinalização horizontal deve-se considerar os seguintes fatores: natureza do projeto, volume e classificação do tráfego (VDM) qualidade e vida útil do pavimento, frequência de manutenção, entre outros. Os materiais que são mais empregados são as tintas acrílicas, os materiais termoplásticos e os elastoplásticos ou películas pré-fabricadas. Para ser ter

uma maior visibilidade noturna a sinalização horizontal deve ser sempre retrorrefletiva (CONTRAN, 2007).

Tabela 8 - Escolha do material

Volume de tráfego (veículos/dia)	Vida útil da sinalização (anos)	Material
≤ 2000	1	Estireno/Acrilato ou Estireno Butadieno
2000 - 3000	2	Acrílica
3000 - 5000	3	Termoplástico tipo <i>spray</i>
≥ 5000	5	Termoplástico tipo extrudado

Fonte: DNIT, (2017).

a) Tintas

Segundo Moreira e Menegon (2003) as tintas são composições líquidas pigmentadas que se convertem em uma película sólida, opaca e aderente ao substrato depois de sua aplicação e estabelecido a sua cura e são classificadas segundo o mecanismo de formação do filme:

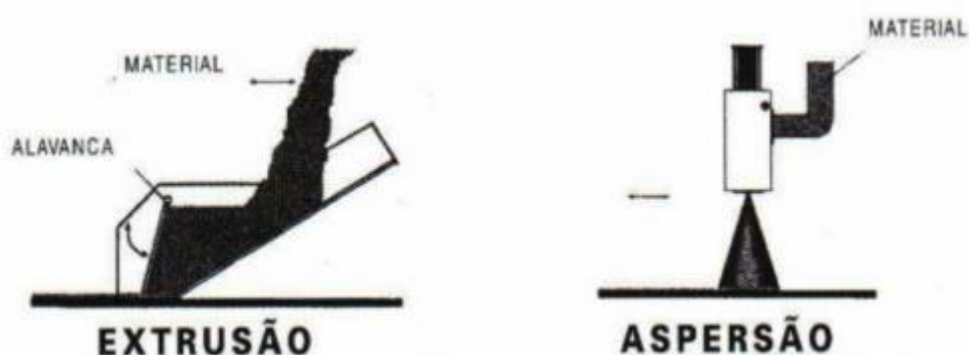
- **Oxidação:** pertencem, a esse grupo as tintas que além da evaporação do solvente, reagem com o oxigênio, dando início ao processo de polimerização.
- **Evaporação do Solvente:** tintas com produtos completamente polimerizados e que se solubilizam em solventes. Quando aplicadas sobre o substrato o solvente evapora deixando uma película sólida.
- **Coalescência:** composição química formada por resinas, geralmente esféricas, fica dispersas no solvente. Com a quebra da emulsão o solvente evapora e as partículas se aglomeram formando uma película coesa e plástica.
- **Reação química:** as tintas com essa classificação são fornecidas em duas embalagens separadas, quando mistura esses componentes inicia-se uma reação química em que vai formando uma película.

Para as tintas adquirirem a indispensável retrorrefletorização devem ser utilizadas microesferas de vidro. As espessuras variam de 0,4 mm a 0,8 mm, conforme o tipo de tinta adotada (DNIT, 2017).

b) Termoplásticos

Os termoplásticos correspondem a uma mistura, em proporção conveniente de ligante, partículas granulares, pigmentos e agente dispersor e esferas de vidro. Os termoplásticos podem ser aplicados de duas maneiras, ou por extrusão ou por aspersão, conforme mostrado na Figura 21, o primeiro utiliza sapatas com ranhuras para aplicação do material com espessura de 3 mm, o segundo utiliza pistola pneumática para pulverizar o material na espessura de 1,5 mm (MOREIRA e MENEGON, 2003).

Figura 21- Métodos de Aplicação dos Termoplásticos



Fonte: Moreira e Menegon (2003).

Os termoplásticos são compostos de ligantes do tipo breu, maleica ou alquídica não secativa ou ainda os de hidrocarbonetos, os pigmentos utilizados são divididos em inertes (ou cargas) e ativos. Aditivos são óleos vegetais e/ou minerais e as esferas de vidro utilizadas são do “TIPO I-A”.

De acordo com DNIT (2017) as espessuras de aplicação dos materiais termoplásticos, em função do seu tipo e sua forma de medição, são as seguintes:

- 1,5 mm de espessura - aplicado por aspersão;
- 3,0 mm de espessura - aplicado por extrusão.

c) Películas pré-fabricadas

São constituídas por ligantes, partículas sólidas, pigmentos e aditivos, fornecidos em espessuras definidas por ocasião da fabricação, cuja aplicação é feita a frio ou a quente.

Aplicação a quente: quando as películas necessitam ser aplicadas em altas temperaturas (180° a 200° C) para conseguirem adquirir boa aderência ao substrato.

Aplicação a frio: para as películas que utilizam adesivo como modo de fixação, aplica-se o adesivo na parte inferior da película de no pavimento, após a evaporação do solvente do adesivo, cola-se a película sobre o pavimento, pressionando-a.

A película pré-fabricada é composta por ligantes do tipo copolímero de estirenobutadieno, conhecido como borracha sintética, os pigmentos e aditivos utilizados são os mesmos utilizados nas tintas e nos termoplásticos, as microesferas de vidro são adicionadas no processo de fabricação.

d) Esferas e microesferas de vidro

As microesferas de vidro são compostas por soda-cal-sílica tendo como matéria prima a sucata do vidro plano moído. A matéria prima é submetida a uma temperatura de aproximadamente 1200°C em fornos verticais com corrente ascendente de gás aquecido, onde o vidro plano moído transforma-se em esferas de vidro (SCHWAB, 1999).

Para garantir a retrorrefletividade e o alto-relevo na aplicação o (DNIT 2017) classifica as esferas e microesferas de acordo com a finalidade da via.

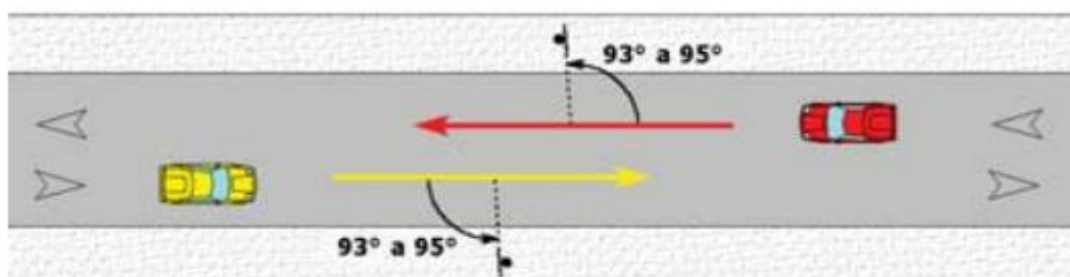
- Tipo I-A, V e VI - as incorporadas aos materiais termoplásticos durante sua fabricação, fornecendo retrorrefletorização somente após o desgaste da superfície da película aplicada, quando se tornam expostas. Os tipos V e VI são aplicados em trechos sujeitos a chuva, neblina ou outras condições adversas;
- Tipo I-B - são as incorporadas às tintas antes da sua aplicação, fornecendo retrorrefletorização somente após o desgaste da superfície aplicada, quando se tornam expostas;
- Tipo II-A, II-B, II-C, II-D, III e IV - aplicadas por aspersão, concomitantemente com a tinta ou termoplástico, por aspersão ou extrusão, de modo a permanecer na superfície da película aplicada, fornecendo retrorrefletorização imediata. Os tipos III e IV são aplicados em trechos sujeitos a chuva, neblina ou outras condições adversas;

- Tipo VII – essas microesferas são aplicadas por aspersão juntamente com a tinta ou termoplástico por aspersão ou extrusão, permitindo sua imediata retrorrefletividade. São aplicadas em pistas de aeroportos ou locais em que a conspicuidade deva ser seja maximizada.

2.4.3 Posicionamento na via

O posicionamento das placas de sinalização consiste em colocá-las no lado direito da via no sentido do fluxo de tráfego que devem regulamentar. As placas de sinalização devem ser colocadas na posição vertical, fazendo um ângulo de 93° a 95° em relação ao sentido do fluxo de tráfego (Figura 22), voltadas para o lado externo da via. Esta inclinação tem por objetivos assegurar boa visibilidade e leitura dos sinais, evitando o reflexo devido a incidência de faróis de veículos ou de raios solares sobre a placa (DNER, 1999).

Figura 22 - Deflexão horizontal da sinalização vertical junto a via



Fonte: CONTRAN (2007).

2.4.3 Sinalização semafórica

A sinalização semafórica é definida, pelo CONTRAN (2014), como um subsistema da sinalização viária, cujo propósito é regulamentar o direito de passagem de veículos e pedestres de fluxos conflitantes ou informar os condutores sobre obstáculos ou situações perigosas da via. Ele também estabelece os seguintes princípios para uma sinalização semafórica eficiente:

- Estar de acordo com o Código Brasileiro de trânsito;
- Permitir fácil percepção das informações relevantes;
- Obedecer aos padrões pré-definidos;

- Ser clara, evitando conflito de informações;
- Atender aos requisitos técnicos para o bom funcionamento;
- Executar as manutenções necessárias;
- Adequar a sinalização semafórica às mudanças do fluxo de trânsito.

O CONTRAN (2014) classifica a via de acordo com a sua função, de forma a advertir sobre a presença de situações na via que possam comprometer a segurança dos usuários.

- Sinalização semafórica de regulamentação: tem a função de efetuar o controle do trânsito numa interseção ou seção de via, através de indicações luminosas, alternando o direito de passagem dos vários fluxos de veículos e/ou pedestres;
- Sinalização semafórica de advertência: tem a função de advertir sobre a existência de obstáculo ou situação perigosa, devendo o condutor reduzir a velocidade e adotar as medidas de precaução compatíveis com a segurança.

2.5 Retrorrefletividade

A retrorrefletividade é uma característica fundamental da sinalização horizontal e vertical devido a importância da visibilidade e da segurança dos usuários da via, é uma propriedade adquirida pela sinalização através da adição de películas com microesferas ou microprismas na sinalização vertical e com adição de microesferas de vidro na sinalização horizontal. (LIBERALESSO, 2014).

Durante o período da noite ocorrem mudanças no campo de visão do motorista, isso faz com que o comportamento do motorista neste período seja diferente do seu comportamento durante o dia. Segundo Lee e Donnell (2007), muitas vezes, durante a noite, o único meio de visibilidade do condutor são os faróis do veículo e as demarcações horizontais. Desta maneira, é imprescindível que o sistema de sinalização viária horizontal seja constituído de materiais capazes de guiarem o veículo com segurança através da via, sobretudo à noite.

De acordo com Austin e Schutz (2006), as demarcações e placas de sinalização viária são visíveis à noite pois as luzes dos faróis são refletidas de volta diretamente aos olhos do motorista. Este fenômeno tem o nome de retrorrefletividade. Ainda conforme os mesmos autores, a capacidade retrorrefletiva das demarcações na sinalização

horizontal é dada através das microesferas de vidro que são colocadas na pintura de forma a refletir a luz de volta para sua fonte.

Com o passar do tempo, o material retrorrefletivo empregado na sinalização tende a desprender-se da pintura de demarcação, fazendo despencar sua capacidade retrorrefletiva e com ela a segurança da via. Para a sinalização horizontal esse é o fator crítico na sua avaliação funcional.

A retrorrefletividade inicial mínima recomendada pelo DNIT (2017), deve ser medida por milicandelas por lux por metro quadrado:

Para sinalização provisória: 150 mcd.lx-1.m-2, para cor branca e 100 mcd.lx-1.m-2, para cor amarela;

Para sinalização definitiva: 250 mcd.lx-1.m-2, para cor branca e 150 mcd.lx-1.m-2, para cor amarela.

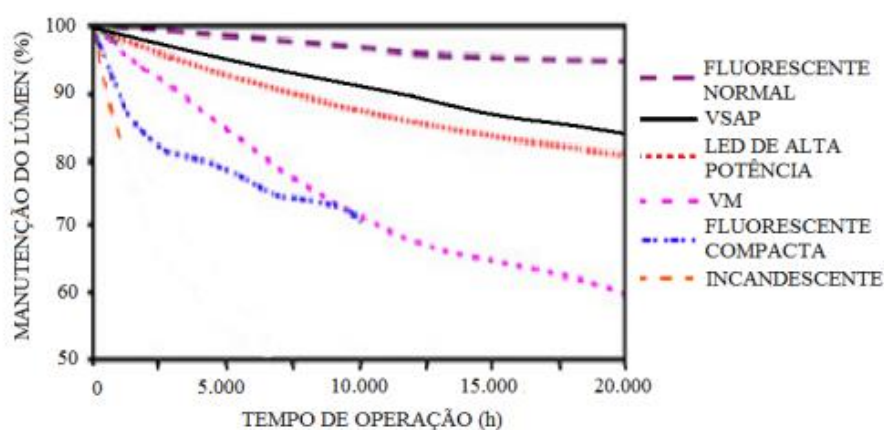
A retrorrefletividade residual, sob quaisquer circunstâncias de condições físicas ou operacionais da rodovia, independentemente do material especificado no projeto, será de 100 mcd.lx-1.m-2 para a cor branca e de 80 mcd.lx-1.m-2 para a cor. A retrorrefletividade inicial da demarcação deve ser medida em até 15 dias após sua aplicação e a retrorrefletividade residual é qualquer valor medido após a obtenção da inicial. A retrorrefletividade residual está associada ao tempo em relação à inicial.

2.5 Iluminação

2.5.1 Conceitos básicos referentes à iluminação

Fluxo luminoso (ϕ): É uma grandeza fotométrica que radia em todas as direções, sua potência luminosa é emitida ou refletida, por segundo, sob a forma de luz. Sua unidade é o lúmen (lm) que consiste na quantidade de luz emitida ou observada por uma fonte luminosa (COPEL, 2011). A Figura 23 mostra a depreciação do fluxo luminoso das lâmpadas LED e a vapor de sódio de alta pressão.

Figura 23 - Depreciação do fluxo luminoso das lâmpadas

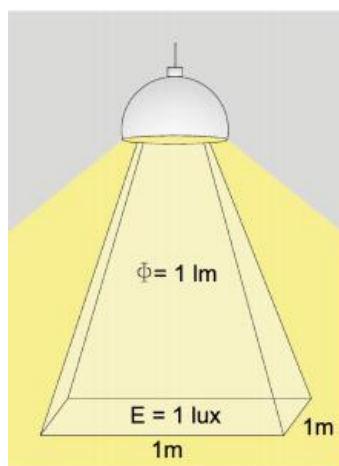


Fonte: SALES, (2011).

2.5.2 Depreciação do fluxo luminoso das lâmpadas

Iluminância (E): É o fluxo luminoso que incide sobre uma superfície por unidade de área (m^2). sua unidade de medida é representada por lux (lx) que é a iluminância de uma superfície plana e o fluxo luminoso que incide perpendicularmente é o lúmen (L). Através de um aparelho chamado luxímetro é feita a medição da iluminância (E) conforme ilustra a Figura 24 (COPEL, 2011).

Figura 24- Exemplo de projeção de iluminância



Fonte: PROCEL, (2011).

Temperatura de Cor Correlata (TCC): Consiste na cor da luz emitida pela fonte de luz. Sua unidade de medida é o Kelvin (K). Quanto mais alta a TCC, mais fria é a tonalidade de cor da luz e quanto mais baixa a TCC, mais quente é a cor da luz

conforme a Figura XX. A descrição de luz quente ou fria, não se refere ao calor físico da lâmpada, e sim a tonalidade de cor que ela apresenta ao ambiente. (COPEL, 2011)

Figura 25 – Temperatura de cores

Temperatura de cor (K)	Aparência	
<3300	Quente (branco alaranjado)	
De 3300 a 5000	Intermediária (branco)	
>5000	Fria (branco azulado)	

Fonte: COPEL, (2012)

Índice de reprodução de cor (IRC): Representa a cor real de um objeto iluminado pela luz do sol e a cor do objeto iluminado por uma fonte de luz artificial. (ROSITO, 2009)

O IRC varia de 0 a 100% conforme a fonte luminosa projetada no ambiente a que se destina. Quanto maior o valor do IRC, melhor será os detalhes das cores pela luz refletida, sendo o ideal um IRC de 100. Sua unidade de medida é dada por porcentagem (%). (PROCEL, 2011)

Cada indivíduo vai ter uma percepção diferente da projeção da luminosidade refletida pois isso depende de suas experiências anteriores, podendo sua avaliação a olho nu não ser precisa. Considerando esses fatores a escolha das lâmpadas é feita comparando o índice de reprodução de cores, a temperatura de cor e a eficácia ou eficiência luminosa. Um IRC em torno de 60 pode ser considerado razoável, 80 é bom e 90 é excelente, isso irá depender da exigência de aplicação que uma lâmpada deve atender. Um IRC de 60 mostra-se mais que suficiente para a iluminação de vias públicas (LUZ, 2010).

A Figura XX ilustra as diferenças de índice de reprodução de cor existentes entre vias com VPS e com LED.

Figura 26 - Diferenças de índice de reprodução de cor existentes entre um cenário de iluminação pública rodoviária com base em tecnologia LED e VPS



Fonte: VEJA SÃO PAULO, (2014)

2.6 Iluminação Pública no Brasil

A iluminação pública é um serviço que tem por objetivo disponibilizar luz artificial, em vias públicas, calçadas no período noturno ou em áreas que escurecem ocasionalmente, incluindo pontos de iluminação permanente no período diurno. (ABNT NBR 5101:2012)

De acordo o Código de Trânsito Brasileiro, alguns conceitos técnicos devem ser relevados na implantação da iluminação pública, os critérios de luminância de acordo com a utilização da via, controle de qualidade da iluminação para evitar o ofuscamento e a poluição luminosa para garantir eficiência e segurança no trânsito de veículos e pedestres (CTB, 2010).

A iluminação pública é essencial à segurança e qualidade de vida nos centros urbanos, atuando como instrumento de cidadania, permitindo aos habitantes desfrutar do espaço público no período noturno. A demanda da iluminação pública no Brasil é de aproximadamente 2,2 GW, correspondendo a 4,5% do total nacional. O consumo é da ordem de 10,3 bilhões de kWh/ano, o que equivale a 3,4% do consumo total de energia

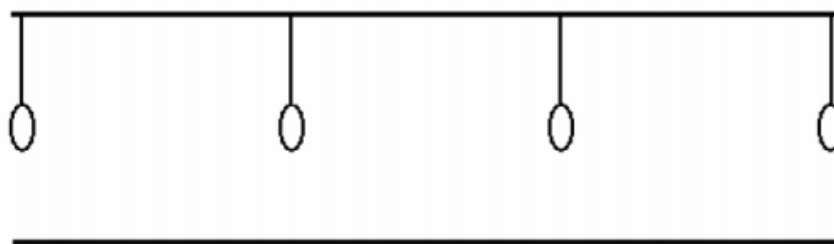
elétrica do país. Segundo o último levantamento cadastral realizado em 2004, 5 há aproximadamente 13,0 milhões de pontos de iluminação pública instalados. Desses pontos, 46,21% localizam-se na Região Sudeste, 21,39% no Nordeste, 19,15% no Sul, 9,40% no Centro-Oeste, e 3,85% na Região Norte.

O consumo de energia elétrica da IP é calculado por estimativa, o valor apurado depende diretamente do cadastro de IP do município, cabendo a este e à concessionária zelar por mantê-lo sempre atualizado, conforme previsto no Inciso III do art. 25 sobredito. O art. 62 destaca-se que: Art. 62. Caso sejam instalados equipamentos automáticos de controle de carga, que reduzam o consumo de energia elétrica do sistema de iluminação pública, a concessionária deverá proceder a revisão da estimativa de consumo e considerar a redução proporcionada por tais equipamentos (ANEEL, 2010).

2.6.1 Disposição luminárias

A disposição unilateral (Figura 27) é utilizada em grande parte das instalações devido a disposições dos postes da concessionária. Para implantação de postes próprios para IP, esse tipo de configuração é utilizado de acordo com a largura da via, sendo ela menor ou igual à altura das luminárias. Deve-se respeitar o ângulo de saída superior a 10° (ROSITO, 2009).

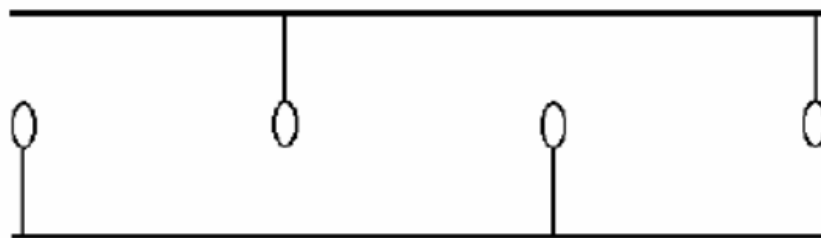
Figura 27 - Arranjo unilateral das luminárias



Fonte: CPFL, (2006).

A disposição bilateral (Figura 28) alternada é indicada quando a largura da pista for superior a 1,0 vez a altura de instalação das luminárias e inferior a 1,6 vez. Com esta configuração, permite-se um espaçamento e distribuição com quantidade menor de postes (ROSITO, 2009).

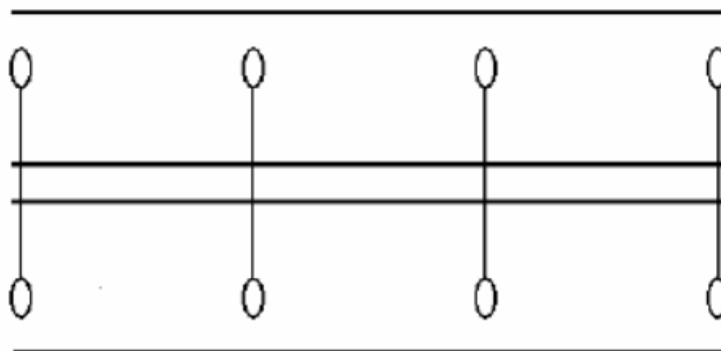
Figura 28 – Arranjo bilateral alternado das luminárias



Fonte: CPFL, (2006).

A disposição em canteiro central (poste único), ilustrado na Figura 29, é empregada quando a largura da pista é maior do que 1,6 vez a altura de instalação das luminárias e a largura do canteiro central não ultrapassa seis metros, permitindo uma maior flexibilidade na escolha da altura de instalação (ROSITO, 2009).

Figura 29 – Arranjo empregado em vias com canteiro central



Fonte: CPFL, (2006).

2.7 Projeto do Sistema de Iluminação Pública

2.7.1 Classificação das vias

Via é uma superfície por onde transitam veículos, pessoas e animais, compreendendo pista, calçada, acostamento, ilha e canteiro central. (NBR 5101, 2012)

Para o projeto de iluminação pública deve ser avaliada a característica da via e se esta possui características de volume de tráfego ou de classificação de velocidade diferente (superior ou inferior) daquelas estabelecidas para cada tipo de via, conforme estabelecido no Código de Trânsito Brasileiro.

A classificação de vias segue disposições previstas no Código de Trânsito Brasileiro (2010) e são as classes de iluminação para cada tipo são apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 – Classes de iluminação para cada tipo de via

Descrição da via	Classe de iluminação
Vias de trânsito rápido; vias de alta velocidade de tráfego, com separação de pistas, sem cruzamentos em nível e com controle de acesso; vias de trânsito rápido em geral; Auto-estradas	
Volume de tráfego intenso	V1
Volume de tráfego médio	V2
Vias arteriais; vias de alta velocidade de tráfego com separação de pistas; vias de mão dupla, com cruzamentos e travessias de pedestres eventuais em pontos bem definidos; vias rurais de mão dupla com separação por canteiro ou obstáculo	
Volume de tráfego intenso	V1
Volume de tráfego médio	V2
Vias coletoras; vias de tráfego importante; vias radiais e urbanas de interligação entre bairros, com tráfego de pedestres elevado	
Volume de tráfego intenso	V2
Volume de tráfego médio	V3
Volume de tráfego leve	V4
Vias locais; vias de conexão menos importante; vias de acesso residencial	
Volume de tráfego médio	V4
Volume de tráfego leve	V5

Fonte: NBR 5101, (2012).

2.7.2 Requisitos de iluminância e uniformidade

As recomendações de iluminação estão em classe, de V1 a V5 para veículos e P1 a P4 para pedestres. As classes são selecionadas de acordo com as características da via, densidade de tráfego, complexidade do tráfego, separação do tráfego e da existência de facilidades para o controle do tráfego, como os sinais. As descrições das vias e estradas são abrangentes, de modo que possam ser interpretadas como exigências individuais para as recomendações nacionais. De acordo com o padrão adotado, todos os usuários da estrada, incluindo motoristas, motociclistas, ciclistas e pedestres devem ser considerados (NBR 5101, 2012). Nas Tabelas 10 e 11 define-se a iluminância média

mínima e uniformidade para cada classe de iluminação, vias para tráfego de pedestres e iluminância média e fator de uniformidade mínimo para cada classe de iluminação.

Tabela 10 – Iluminância média mínima e uniformidade para cada classe de iluminação

Classe de iluminação	Iluminância média mínima $E_{med,min}$ Lux	Iluminância média mínima horizontal na faixa de pedestres E_{hmed}	Iluminância média mínima vertical E_{vmed}
V1	30	52,5	22,5
V2	20	35	15
V3	15	26,25	11,25
V4	10	17,5	7,5
V5	5	10	4

Fonte: NBR 5101, (2012).

Tabela 11 – Iluminância média e fator de uniformidade mínimo para cada classe de iluminação

Classe de iluminação	Iluminância horizontal média E_{med} lux	Fator de uniformidade mínimo $U = E_{mín}/E_{med}$
P1	20	0,3
P2	10	0,25
P3	5	0,2
P4	3	0,2

Fonte: NBR 5101, (2012).

2.8 Iluminação para áreas de pedestres

Em vias urbanas com tráfego intenso, onde existirem travessias sinalizadas para pedestres fora das esquinas, uma iluminação adicional pode ser utilizada, sempre em conjunto à sinalização vertical e horizontal, para alertar os condutores de veículos com antecedência suficiente da presença de pedestres que cruzam a via, bem como para permitir que os pedestres reconheçam com facilidade os limites da passagem e se posicionem dentro destes (ver Tabela 12). Para garantir que a passagem de pedestre esteja bem destacada na via, recomenda-se que as lâmpadas utilizadas na iluminação da passagem tenham uma temperatura de cor diferente das lâmpadas que iluminam a pista de rolamento. Esta alternativa também pode ser utilizada em cruzamentos de centros

urbanos com grande movimentação de pedestres, mas deve ser cuidadosamente estudada para não prejudicar ou gerar confusão visual com a sinalização viária (NBR 5101, 2012). Nas Tabelas 12 e 13 define-se a classe de iluminação para cada tipo de via para tráfego de pedestres, e a iluminação mínima desejável em vias públicas.

Tabela 12 – Classes de iluminação para cada tipo de via

Descrição da via	Classe de iluminação
Vias de uso noturno intenso por pedestres (por exemplo, calçadas, passeios de zonas comerciais)	P1
Vias de grande tráfego noturno de pedestres (por exemplo, passeios de avenidas, praças, áreas de lazer)	P2
Vias de uso noturno moderado por pedestres (por exemplo, passeios, acostamentos)	P3
Vias de pouco uso por pedestres (por exemplo, passeios de bairros residenciais)	P4

Fonte: NBR 5101, (2012).

Tabela 13 - Iluminamento mínimo em travessias de faixa de pedestre

Iluminância (LUX) Mínimo	Fator de Uniformidade da iluminância (U) Mínimo
20	0,50

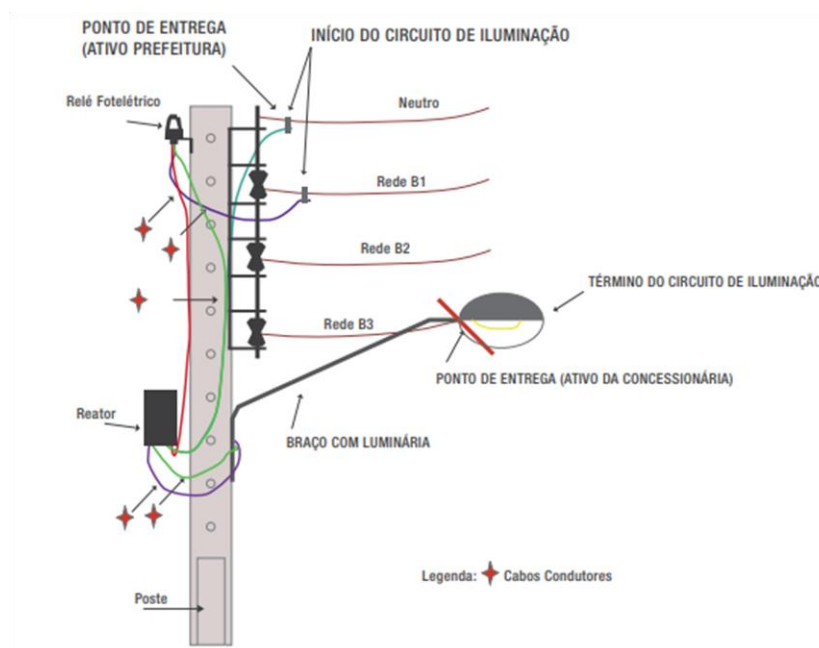
Fonte: NBR 5101, (2012).

2.9 Configuração e equipamentos que compõem o sistema

No Brasil, a partir da concessionária de energia elétrica, existem duas configurações para os sistemas de IP: o que alimenta a rede de IP em baixa tensão e o que alimenta a rede em média tensão (SANTANA, 2010).

A Figura 30 apresenta a configuração mais utilizada no Brasil, ou seja, da rede em baixa tensão, alimentada a partir da rede secundária da concessionária.

Figura 30 - Configuração da Rede de Baixa Tensão



Fonte: Eletropaulo, (2015).

a) Luminária:

Luminária: A luminária exerce 3 funções que são: 1 - prover meios para instalação da própria luminária e dos componentes elétricos; 2 - manter as condições ambientais adequadas para operação dos componentes e 3 - distribuir o fluxo luminoso proveniente da lâmpada. Uma luminária pública possui: um conjunto ótico composto de um refletor, um difusor e um dispositivo para fixação do soquete e posicionamento da lâmpada; o alojamento do equipamento (reator), quando previsto a instalação interna deste; um sistema de fixação da luminária no poste ou suporte e; um invólucro, destinado a dar o grau de proteção exigido.

b) Lâmpadas:

- Lâmpadas Incandescentes

As lâmpadas incandescentes possuem bulbo de vidro, em cujo interior existe um filamento de tungstênio espiralado, que é levado a incandescência pela passagem da corrente (efeito Joule). Especificações e exigências são regidas pela norma NBR IEC 64. (LUZ, 2016)

Para os sistemas de iluminação pública, esta lâmpada não é indicada devido à sua baixa eficiência luminosa, em torno de 20lm/W, e baixa vida mediana, que é cerca de 1000 horas. No entanto, ainda são aplicadas em grande escala em residências devido,

principalmente, ao baixo custo de aquisição em comparação com as demais fontes luminosas. (COPEL, 2012)

- Lâmpadas Fluorescentes

As lâmpadas fluorescentes emitem uma descarga, sob baixa pressão, pela passagem da corrente elétrica através de um gás, geralmente vapor de mercúrio ou argônio. O fenômeno é chamado de ionização. Esta descarga é quase totalmente formada por radiação ultravioleta, invisível ao olho humano. Ela é convertida em luz visível pelo pó fluorescente que reveste a superfície interna do bulbo. Lâmpadas fluorescentes são encontradas nas versões standard, com eficiência energética de até 70 lm/W, temperatura de cor entre 4.100 e 6.100K, e com pó trifósforo, com eficiência energética de até 96 lm/W, temperatura de cor entre 4.000 e 6.000K.

c) Lâmpadas Mistas:

- Lâmpadas a Vapor de Mercúrio

Utilizam o princípio da descarga em alta pressão, através do vapor de mercúrio. Uma descarga elétrica entre os eletrodos leva os componentes internos do tubo de descarga a produzirem luz. É uma lâmpada de reação com partida dada por meio de um resistor. A lâmpada a vapor de mercúrio tem aparência branco-azulada e é utilizada em larga escala na iluminação de ruas, jardins públicos, postos de gasolina, campos de futebol e áreas industriais. Seu índice de reprodução de cores é, em média, de 40% e sua vida útil gira em torno de 24.000 horas. A eficiência luminosa chega a 55 lm/W e ela pode ser encontrada com potências que variam de 80 a 1.000W.

- Lâmpadas de vapor metálico

A lâmpada de vapor metálico é semelhante à lâmpada de vapor de mercúrio, porém combina iodetos metálicos (tálio, índio), com altíssima eficiência energética, excelente reprodução de cor, longa durabilidade e baixa carga térmica. Esse tipo de lâmpada também conta com um revestimento de alumina nas extremidades do tubo de descarga, cujo objetivo é refletir o calor produzido pela descarga para os eletrodos, impedindo a condensação dos iodetos no interior do tubo de descarga da lâmpada. Na iluminação pública usam-se potências de 70W a 400W. Em lâmpadas de alta potência, a eficiência pode chegar a 90 lm/W e o IRC (Índice de Reprodução de Corpo) a 90%. A temperatura de cor varia de 4.000 a 6.000K, sendo considerada fria. A vida útil varia entre 8.000 e 15.000 horas e a luz é muito branca e brilhante.

- Lâmpadas a Vapor de Sódio sob Alta Pressão

É uma lâmpada que funciona segundo o mesmo princípio da lâmpada de vapor de mercúrio sob alta pressão, diferindo na mistura dos gases. As VSAP utilizam uma pequena quantidade do metal sódio misturado com mercúrio, que é colocada em uma cápsula de vidro, com gás xenônio ou argônio em seu interior. Estes gases nobres ativam o arco voltaico que é formado entre os eletrodos colocados nas extremidades da cápsula e iniciam a ignição da lâmpada. A luz dessas lâmpadas possui tonalidade amarelada devido ao componente sódio e seu espectro luminoso é descontínuo. O IRC das lâmpadas varia muito conforme o tipo e modelo, indo de 20, para lâmpadas 28 comumente aplicadas na iluminação pública, a 70, em lâmpadas com rendimento de cor melhorado. Sua temperatura de cor gira em torno de 2.000 K a 3.200 K. A eficiência luminosa varia de 80 lm/W, para lâmpadas de 70 W, a 150 lm/W para lâmpadas de 600 W. Considerando estas mesmas potências, a vida útil também varia, de 16.000 horas a 32.000 horas, sendo por isso consideradas lâmpadas de longa durabilidade.

- LED

Os LEDs são semicondutores que emitem luz quando energizados. Em uma junção p-n polarizada diretamente, o lado p que contém em sua maioria lacunas (falta de elétrons) e o n essencialmente cargas negativas (excesso de elétrons), se movimentam de tal maneira que os eletros se movimentam num sentido e as lacunas em sentido contrário. Uma parte dessa energia é emitida na forma de calor e a outra em forma de fótons (BOYLESTAD, 2004). Para LEDs brancos com temperatura de 3000 K, o índice de reprodução varia de 85 a 90. Tem a disponibilidade de temperatura de cor de 2.700 K a 8000 K, possuindo uma eficiência em torno de 100 lm/W e uma vida mediana de 50.000 horas.

d) Relé:

- Relé fotocélula

São dispositivos responsáveis por ligar e desligar as lâmpadas, seu funcionamento é automatizado; a luminosidade do ambiente é o fator que causa o disparo do relé fotoelétrico através de fotocélulas fechando o circuito para energizar a lâmpada. (SALES, 2011)

- Relé Fotoelétrico

O relé fotoelétrico monitora a luminosidade do local e faz o acionamento da IP. Pelas características de operação existem dois tipos chamados de NA (normalmente abertos) e NF (normalmente fechados). O relé NF mantém os contatos fechados na ausência de luz enquanto que, o NA, mantém os contatos abertos (SANTANA, 2010).

Podem ter princípios de funcionamento denominados térmicos, magnéticos e eletrônicos. O acionamento por princípio térmico se dá através da deformação de lâminas bimetálicas, devido à passagem de uma corrente elétrica, que só ocorre quando o nível de iluminância atinge valor suficiente para sensibilizar o sensor fotoelétrico. No relé magnético é utilizada uma chave eletromecânica, que alterna a posição de seus pólos através da força gerada por um campo magnético induzido por uma corrente elétrica fluindo em sua bobina; esta corrente também é originada pela sensibilização da célula fotoelétrica.

- Relés com acionamento eletrônico

Eles também utilizam chaves eletromecânicas, porém a corrente de acionamento das chaves provém de circuitos eletrônicos que, a partir das alterações da fotocélula, podem ser projetados de maneira a prover temporizações, proteções de sobrecorrentes e sobretensões ou estresses na própria chave, conferindo maior durabilidade ao equipamento. Devido ao baixo custo de fabricação e razoável durabilidade, os relés com 98 acionamentos magnéticos e eletrônicos são os mais utilizados atualmente nos sistemas de iluminação pública, tanto para comandos individuais quanto para comandos em grupo de circuitos. Na Figura 31 são mostrados alguns exemplos de relés fotoelétricos. A norma nacional vigente para estes equipamentos é a NBR 5123:1998 - Relé fotoelétrico e tomada para iluminação - Especificação e método de ensaio (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2012).

Figura 31 – Exemplos de modelos de relés fotoelétricos



Fonte: COPEL, (2012).

e) Reator

As lâmpadas à descarga têm a característica de ter a sua impedância reduzida com a elevação da corrente, exigindo a instalação de um limitador desta corrente no circuito, pois, caso contrário, ela se elevaria até a destruição da lâmpada. Este papel é desempenhado pelo reator que, além disso, mantém a lâmpada operando dentro dos limites adequados estabelecidos. Ele pode ser instalado internamente, como ilustrado na Figura 32, ou em um compartimento da luminária ou externo próximo ao relé, conforme a Figura 33. A norma nacional vigente para estes equipamentos é a NBR 13593:2011 - Reator e ignitor para lâmpada a vapor de sódio a alta pressão — Especificação e ensaios.

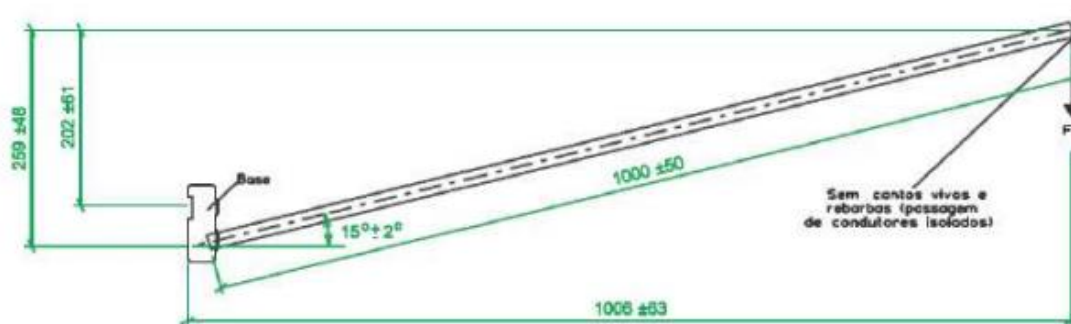
f) Braço de sustentação da luminária

Os braços para iluminação pública são equipamentos metálicos e têm por funções básicas servirem de sustentação para as luminárias e de eletroduto para a fiação necessária para a conexão do ponto de iluminação à rede elétrica. Trata-se do sistema de fixação da luminária ao poste. O conjunto (Braço e Luminária) deve ser dimensionado para que, além da carga normal a que está submetido, devem ser suficientemente resistentes mecanicamente para suportar o peso das luminárias e os esforços provocados pelas mesmas sob ação de ventos ou chuvas, além de serem fabricados em materiais com proteção contra corrosão. Atualmente não há normas nacionais específicas para os braços de iluminação pública. No entanto, existem várias normas relativas aos produtos de ferro ou aço fundido, que são aplicáveis a estes equipamentos. Provavelmente na próxima versão da NBR 96 8159:1984 – Ferragens Eletrotécnicas para Redes Aéreas, Urbanas e Rurais de Distribuição de Energia – serão padronizados alguns modelos de braços.

Existem infinitas possibilidades de construção de braços para iluminação pública, dependendo da necessidade. No entanto, para a maioria dos casos utiliza-se basicamente os três tipos apresentados a seguir, especificados na NTC 810044:

Tipo BR-1: Aplicáveis para a instalação de luminárias do tipo LM-1R e LM-70, com lâmpadas de sódio até 70 W, mostrado na Figura 32.

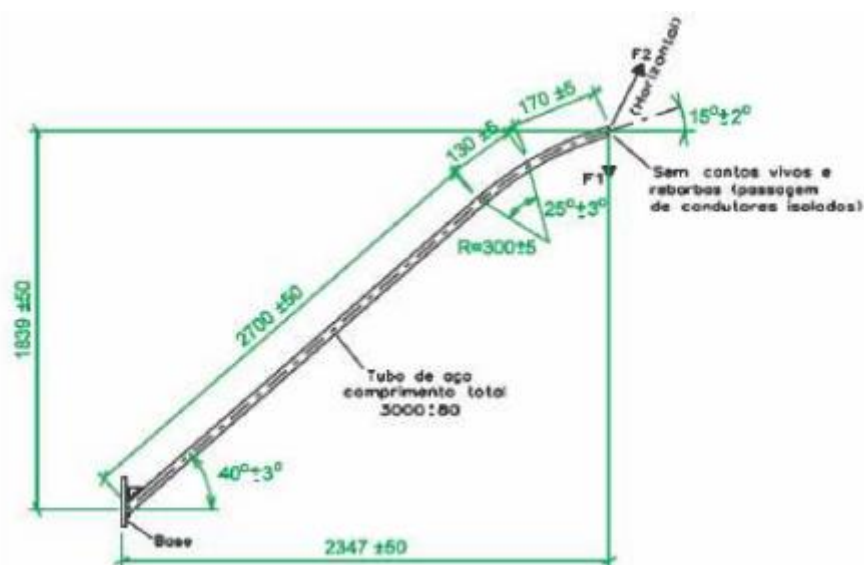
Figura 32 – Braço padrão COPEL tipo BR-1



Fonte: COPEL, (2012).

Tipo BR-2: Aplicáveis para a instalação de luminárias do tipo LM-100, LM-150, LM250 e LM-3, com lâmpada a vapor de sódio de até 250 W, mostrado na Figura 33.

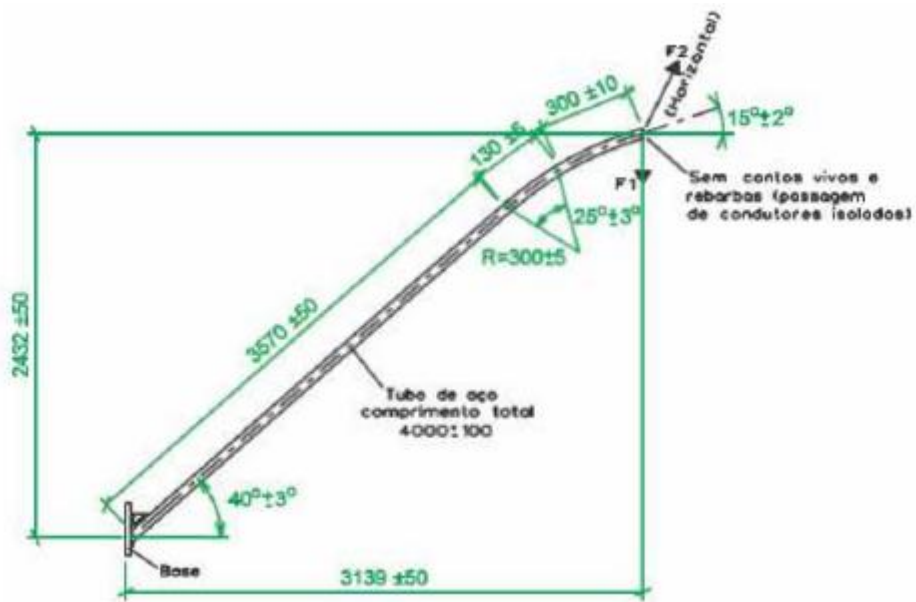
Figura 33 – Braço padrão COPEL tipo BR-2



Fonte: COPEL, (2012).

Tipo BR-3: Aplicáveis para a instalação de luminárias do tipo LM-400 e LM-8, com lâmpada a vapor de sódio de 400 W, mostrado na Figura 34.

Figura 34 – Braço padrão COPEL tipo BR-3



Fonte: COPEL, (2012).

Na Tabela 14 é mostrado um resumo com as principais características das fontes luminosas usadas em sistemas de IP. Os valores indicados são apenas uma referência para comparação entre as tecnologias.

Tabela 14 – Comparativo entre as tecnologias

Tecnologia	Temperatura de cor (K)	IRC (%)	Eficiência luminosa (lm/W)	Vida mediana (horas)
Incandescente	2700	100	10-20	1000
Vapor de mercúrio	3000-4000	40-55	45-58	9000-15000
Vapor de sódio	2000	22	80-150	18000-32000
Vapor metálico	3000-6000	65-85	65-90	8000-12000
Indução	4000	80-90	80-110	60000

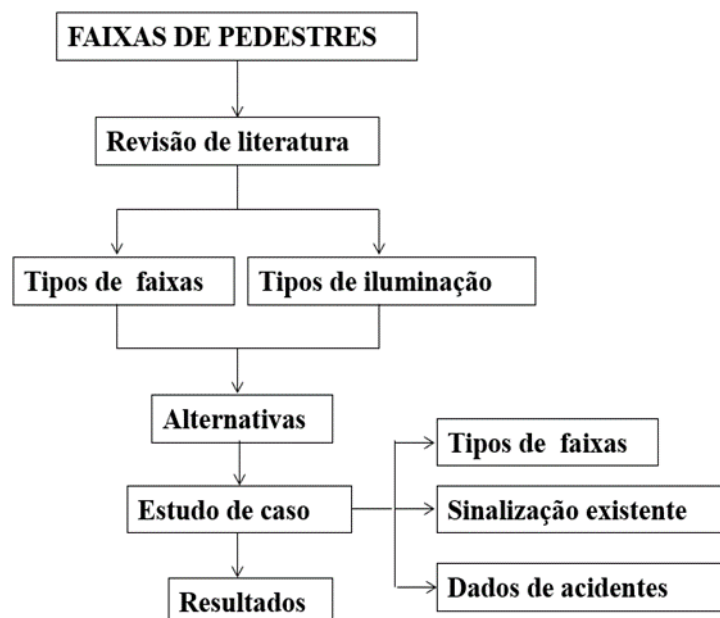
Fonte: adaptado de GUERRINI, 2007 e SILVA, (2006).

3. MATERIAIS E MÉTODO

Para a elaboração dos estudos nesse trabalho, será realizado um levantamento das condições atuais de conservação, sinalização e iluminação de algumas faixas de pedestres localizadas na região sul de São Paulo.

O fluxograma, mostrado na Figura 35, é a base referencial das etapas seguidas para o desenvolvimento do respectivo trabalho.

Figura 35 - Fluxograma do Método



Fonte: Elaborado pelo autor, (2018).

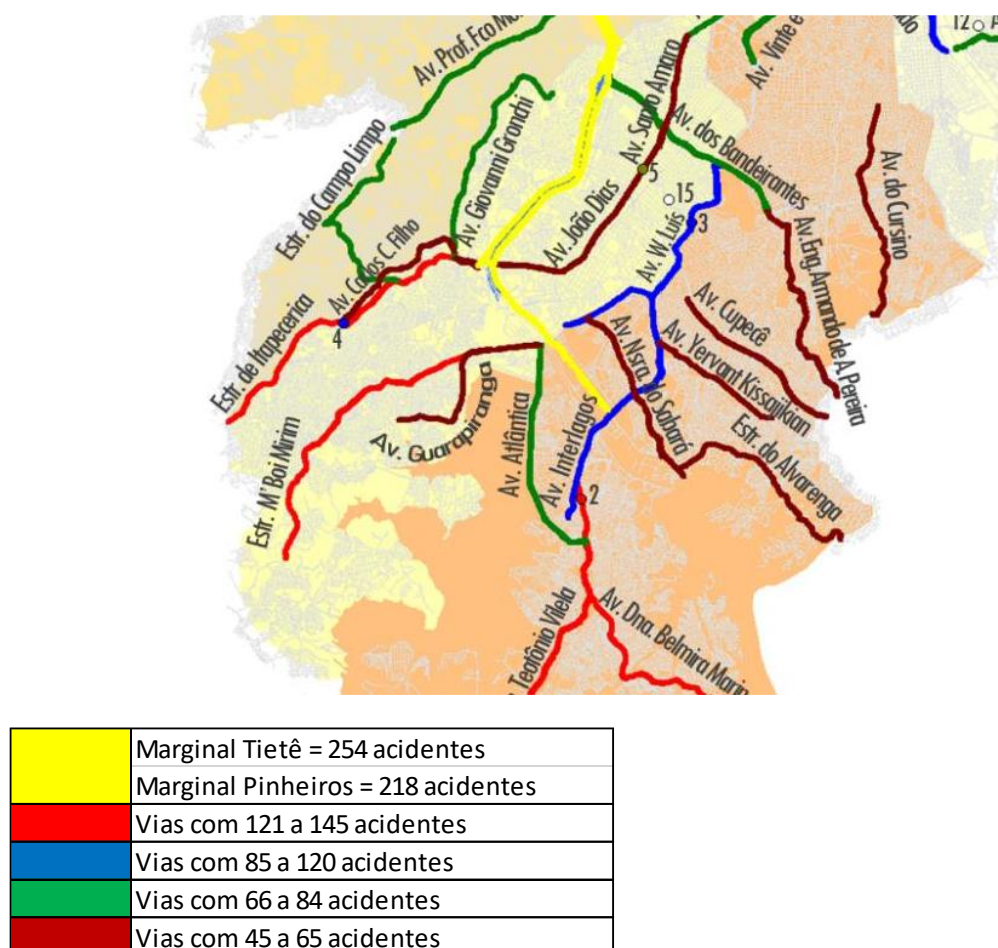
3.1 Caracterização dos Trechos

Os segmentos avaliados estão na região central de São Paulo, na Cidade de São Paulo, nas avenidas Carlos Caldeira Filho – Segmento A, Estrada do Campo Limpo – Segmento B, Estrada de Itapeperica – Segmento C e Washington Luís - Segmento D, Localizadas na região sul de São Paulo com jurisdição da Companhia de Engenharia de

Tráfego (CET) conforme a Figura 36. Para a avaliação do presente trabalho, realizaram-se os levantamentos em ambas as faixas de rolamento, incluindo pista e acostamento.

Nestes segmentos foram localizadas 4 indicações de travessias de pedestres, sendo representados por algum tipo de sinalização horizontal e/ou vertical de travessias de pedestres, separados em 4 trechos, conforme Figuras 37, 40, 43 e 48.

Figura 36 - Vias e cruzamentos com mais acidentes com vítimas



Fonte: CET, (2017)

3.1.1 Segmento A – Avenida Carlos Caldeira Filho

Figura 37 - Localização do Segmento "A" e a Faixa de Pedestres numerada de 01



Fonte: Adaptada do Google Earth, (2018).

3.1.1.1 Imagens da faixa de pedestres numerada de 01

A Figura 38 é uma imagem da faixa de pedestres, localizada na Avenida Carlos Caldeira Filho, fotografada pelo autor às 17:00 no dia 15/09/2018, com o intuito de analisar a sinalização presente durante o dia com a iluminação natural.

Figura 38 - Configuração da Faixa de Pedestres do Segmento A



Fonte: Autor, (2018).

A Figura 39 é uma imagem da faixa de pedestres, na Avenida Carlos Caldeira Filho, fotografada pelo autor às 04:00 da madrugada no dia 15/09/2018, com o intuito de analisar a iluminação artificial, a lâmpada utilizada é do tipo LED, o que torna a faixa bastante iluminada, a tonalidade branca é devido ao alto TCC da lâmpada.

Figura 39 - Configuração da Faixa de Pedestres do Segmento A



Fonte: Autor, (2018)

As demarcações horizontais presentes nos trechos são as faixas de travessias de pedestres e as linhas de retenção de fluxo que são da cor branca, possui bueiro no início da travessia sem tampa de proteção, o segmento analisado não possui sinalização vertical.

3.1.2 Segmento B – Estrada do Campo Limpo

Figura 40 - Localização do Segmento B e a Faixa de Pedestres numerada de 02



Fonte: Adaptado do Google Earth, (2018).

3.1.2.1 Imagens da faixa de pedestres numerada de 02

A Figura 41 é uma imagem da faixa de pedestres, localizada na avenida Estrada do Campo Limpo, fotografada pelo autor as 17:00 no dia 14/09/2018, com o intuito de analisar a sinalização presente durante o dia com a iluminação natural.

Figura 41 - Configuração da Faixa de Pedestres do Segmento B



Fonte: Autor, (2018).

A Figura 42 é uma imagem da faixa de pedestres, localizada na Rua Estrada do Campo Limpo fotografada pelo autor as 22:00 no dia 14/09/2018, com o intuito de analisar a iluminação artificial, a lâmpada utilizada é a de Vapor de Sódio de Alta Pressão o que torna a faixa com baixa luminosidade, o tom amarelado é devido ao baixo TCC proporcionado por esse tipo de lâmpada.

Figura 42 - Configuração da Faixa de Pedestres do Segmento B



Fonte: Autor, (2018).

As demarcações horizontais presentes nos trechos são as faixas de travessias de pedestres e as linhas de retenção de fluxo que são da cor branca, que possuem algumas irregularidades devido ao desgaste, possui bueiro no início da travessia gerando uma irregularidade no terreno, o segmento analisado não possui sinalização vertical.

3.1.3 Segmento C – Avenida Estrada de Itapecerica

Figura 43 - Localização do Segmento C e a Faixa de Pedestre numerada de 03



Fonte: Adaptada Google Earth, (2018).

3.1.3.1 Imagens da faixa de pedestres numerada de 03

A Figura 44 é imagem da faixa de pedestre, localizadas na Avenida Estrada de Itapecerica, fotografadas pelo autor as 17:00 no dia 14/09/2018, com o intuito de analisar a sinalização presente durante o dia com a iluminação natural.

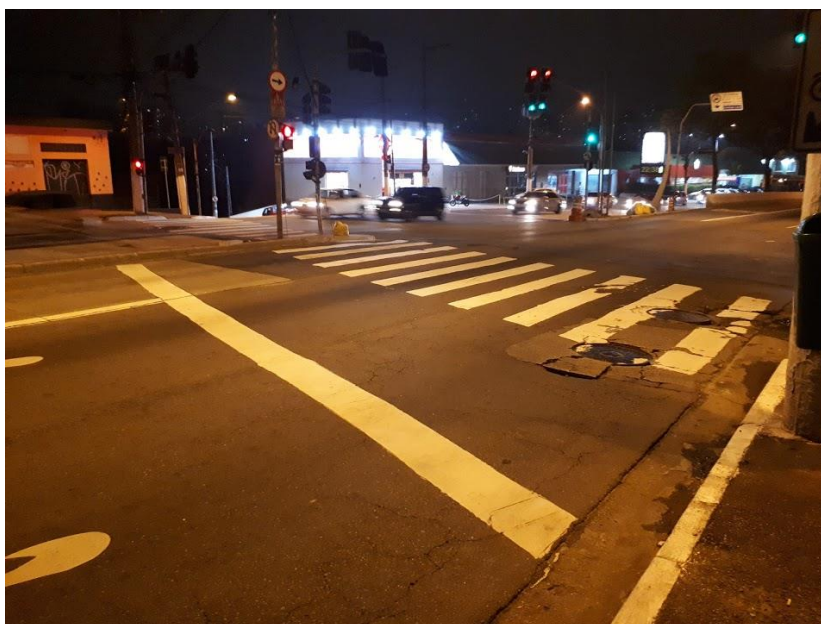
Figura 44 - Segmento "C" – Avenida Estrada de Itapecerica



Fonte: Autor, (2018).

A Figura 45 são imagens das faixas de pedestres, localizadas na Avenida Estrada de Itapecerica, fotografadas pelo autor as 22:00 no dia 14/09/2018, com o intuito de analisar a iluminação artificial, a lâmpada utilizada é a de Vapor de Sódio de Alta Pressão o que torna a faixa com baixa luminosidade, o tom amarelado é devido ao baixo TCC proporcionado por esse tipo de lâmpada. O segmento em análise é considerado o trecho mais crítico em relação a atropelamentos conforme Figura 7 e também em acidentes fatais conforme Figura 36. Foi observado a existência de caixas de passagem da companhia elétrica de São Paulo (Eletropaulo), gerando falhas na sinalização horizontal e tornado o terreno acidentado.

Figura 45 - Segmento "C" – Avenida Estrada de Itapecerica



Fonte: Autor, (2018).

A sinalização vertical encontrada no segmento C é a apresentada a seguir, conforme Figura 46.

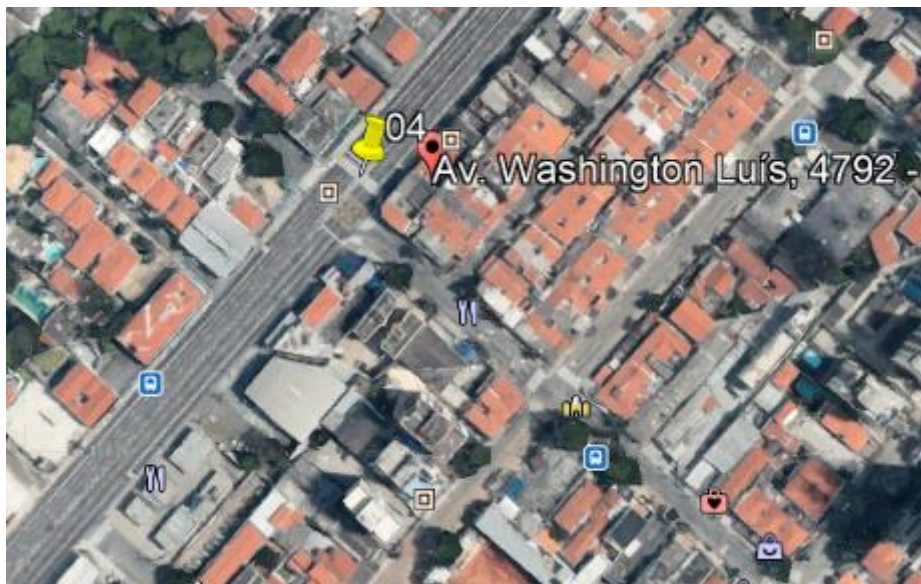
Figura 46 - Tipo de Sinalização presentes no Segmento C



Fonte: Autor, (2018).

3.1.4 Segmento D – Avenida Washington Luís

Figura 47 - Localização do Segmento D e a Faixa de Pedestres numerada de 04



Fonte: Adaptada do Google Earth, (2018).

3.1.4.1 Imagens da faixa de pedestres numerada de 04

A Figura 48 é uma imagem da faixa de pedestres, localizada na Avenida Washington Luís, fotografada pelo autor as 17:00 no dia 14/09/2018, com o intuito de analisar a sinalização presente durante o dia com a iluminação natural, a lâmpada utilizada é a de Vapor de Sódio de Alta Pressão o que torna a faixa iluminada, o tom amarelado é devido ao baixo TCC proporcionado por esse tipo de lâmpada.

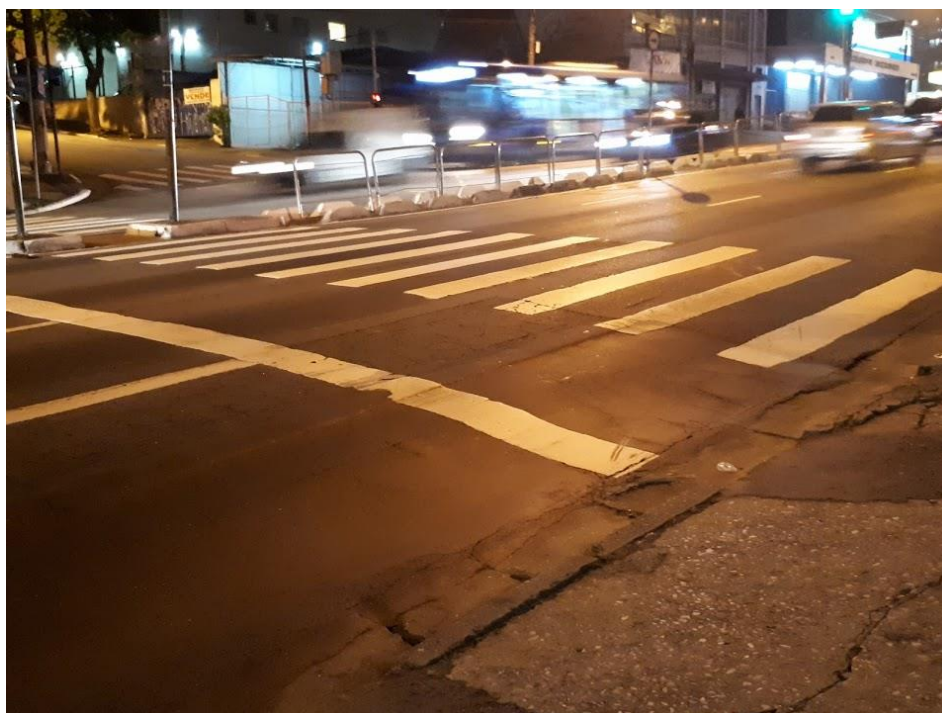
Figura 48 - Configuração da Faixa de Pedestres do Segmento D



Fonte: Autor, (2018).

A Figura 49 é uma imagem da faixa de pedestres, localizada na Avenida Washington Luís, fotografada pelo autor as 22:00 no dia 14/09/2018, com o intuito de analisar a iluminação artificial, a lâmpada utilizada é a de Vapor de Sódio de Alta Pressão o que torna a faixa com baixa luminosidade, o tom amarelado é devido ao baixo IRC proporcionado por esse tipo de lâmpada.

Figura 49 - Configuração da Faixa de Pedestres do Segmento D



Fonte: Autor, (2018).

A sinalização vertical encontrada no segmento "D" é apresentada a seguir, conforme Figura 50.

Figura 50 - Tipo de Sinalização Vertical de Pedestres no Segmento "D"



Fonte: Autor, (2018).

4. RESULTADOS E ANÁLISES

4.1 Levantamento de Caracterização dos Segmentos

Os levantamentos de caracterização dos trechos do segmento “A” foram realizados no dia 15/09/2018, já os levantamentos de caracterização dos trechos do segmento “B”, “C” e “D” foram realizados no dia 14/09/2018, onde observou-se as seguintes características: locação, velocidade regulamentada no trecho, existência de sinalização vertical de advertência indicativa de travessia de pedestres, a condição da pintura sinalização horizontal e a iluminação artificial. A Tabela 15 caracteriza as faixas dos segmentos.

Tabela 15 – Caracterização dos trechos analisados

Segmento	Faixa	Velocidade da Via (km/h)	Linha de Retenção	Sinalização Vertical				Pista
				0m	25m	50m	100m	
A	1	50	S	N	N	N	N	DUPLA
B	2	50	S	N	N	N	N	DUPLA
C	3	50	S	N	N	N	N	DUPLA
D	4	50	S	N	N	S	S	DUPLA

Fonte: Autor, (2018).

Legenda da Tabela 15:

S: possui sinalização vertical locada em relação a travessia de pedestres

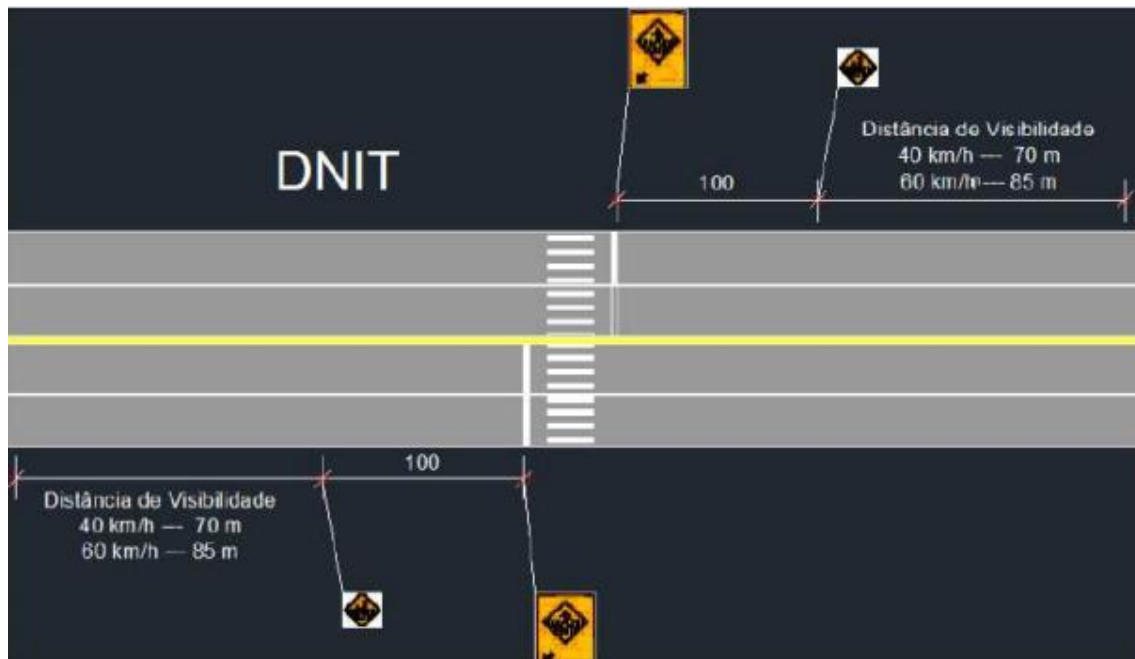
N: não possui sinalização vertical locada em relação a travessia de pedestres



Sinalização Vertical na cor Amarela

As Figuras 59 e 60 representam os modelos de sinalização especificados pelos seguintes órgãos DNIT e CONTRAN respectivamente.

Figura 51 - Modelo de Sinalização de Faixas de Travessia de Pedestres Sugeridas Pelo DNIT



Fonte: BRASIL, (2010).

Analisando a Tabela 15 com os modelos ilustrados pelas Figuras 51 e 52 elaborou-se a Tabela 16.

Tabela 16 - Comparativo Segmentos "A", "B", "C" e "D" com Modelo de Sinalização das Faixas de Travessia de Pedestres Sugerido pelo DNIT

Segmento	Faixa de Pedestres	Linha de retenção	Sinalização Vertical	Observação
A	OK	OK	-	Não possui sinalização vertical
B	OK	OK	-	Não possui sinalização vertical
C	OK	OK	-	Seção da travessia irregular, não possui sinalização vertical
D	OK	OK	OK	-

Fonte: Autor, (2018).

Figura 52- Modelo de Sinalização de Faixas de Travessia de Pedestres Sugerida pelo CONTRAN.



Fonte: CONTRAN, (2007).

4.1.1 Sinalização Horizontal e Sinalização Vertical

Através da tabela acima fez-se uma correlação entre a sinalização horizontal existente e a sua respectiva sinalização vertical e percebeu-se que no segmento "A", "B" e "C", as faixas de pedestres observadas não possuem nenhum tipo de sinalização vertical de advertência de passagem de pedestres.

No segmento "D", o ponto observado possui algum tipo de sinalização vertical referente a passagem de pedestres. De forma global, dos 4 pontos observados, 1 possui algum tipo de sinalização vertical de advertência de passagem de pedestres, representando 25% das faixas. Nota-se que nos quatro segmentos observados as faixas de travessia de pedestres possuem linha de retenção.

4.1.2 Iluminação

Considerando a principal finalidade desse trabalho, foi observado a qualidade de iluminação das vias bem como o tipo de lâmpada utilizada e se segue os padrões especificados por norma. Também foi observada a pintura da sinalização horizontal que

possui retrorrefletividade sobre a incidência da iluminação. A Tabela 17 ilustra a condição da iluminação nos segmentos analisados, a classificação foi por meio visual do autor considerando a visibilidade e de acordo com a lâmpada utilizada, sendo LED no segmento A e Vapor de Sódio nos segmentos subsequentes.

Tabela 17 – Levantamento da Condição da iluminação

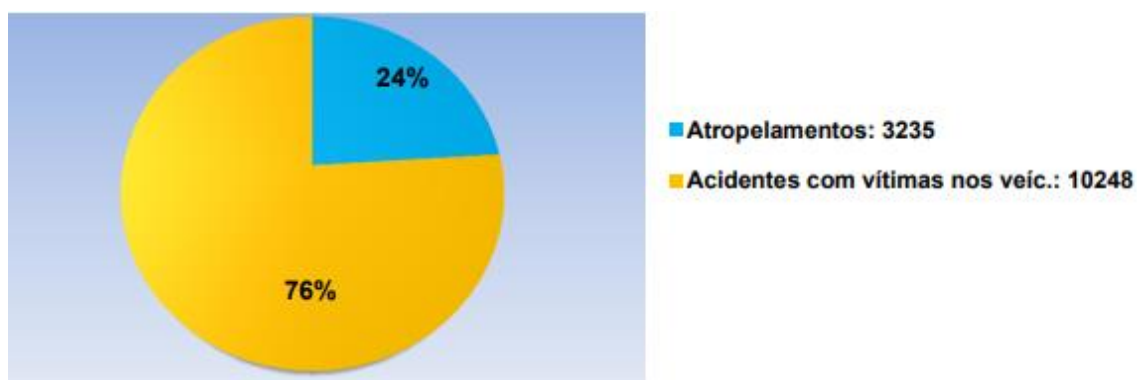
Segmento	Faixa de Pedestres	Condição de luminosidade
A	1	Bastante iluminado
B	2	Iluminado
C	3	Iluminado
D	4	Iluminado

Fonte: Autor, (2018).

4.1.3 Correlação de acidentes de trânsito com a sinalização dos segmentos

Com o fornecimento de dados sobre acidentes envolvendo veículos e pedestres, pelos órgãos de fiscalização das vias, correlacionou-se a situação da sinalização dos segmentos. Com dados fornecidos pelo CET, foi observado que durante o ano de 2017 ocorreram 3235 atropelamentos na cidade de São Paulo envolvendo veículos e pedestres, como é possível verificar na Figura 53.

Figura 53 - Total de acidentes com vítimas por tipo



Fonte: CET, (2017).

Também é possível fazer uma análise sobre os horários dos acidentes nos segmentos "A", "B", "C" e "D" relatados na Figura 54, em que se verifica que em 39% dos casos os acidentes ocorreram no período em que havia pouca incidência de luz e 50% dos atropelamentos ocorreram no período mais crítico entre o final de semana e na segunda-feira.

Figura 54 - Distribuição dos Atropelamentos pelo horário e dia de semana

	seg	ter	qua	qui	sex	sáb	dom
madrug.	8	5	5	6	4	14	15
manhã	12	11	7	9	11	18	11
tarde	16	13	15	13	13	20	18
noite	9	15	7	15	12	10	12

Fonte: CET, (2017).

4.2 Melhorias Propostas

4.2.1. Sinalização Horizontal

Conforme foi possível observar através das Figuras 38, 41, 44, a sinalização horizontal das faixas numeradas de 01, 02, 03 nas avenidas Carlos Caldeira Filho, Estrada do Campo Limpo e Estrada de Itapequerica, respectivamente, possuem interrupção de sua faixa devido a presença de bueiros e/ou caixas de inspeção tornando a travessia perigosa, o deslocamento desses bueiros para outra seção da via seria uma solução.

4.2.2 Sinalização Vertical

Em apenas uma das quatro faixas de travessia de pedestres analisadas, as numeradas de 01 e 03 respectivamente, não foi encontrada nenhuma sinalização vertical, como da Figura 51 que é de suma importância para a visibilidade dos motoristas. Então seria fundamental a inclusão desse tipo de sinalização nessas faixas.

4.2.3 Iluminação

Ao analisar as faixas de travessia de pedestres, pode-se observar que em três das quatro faixas, numeradas de 02, 03 e 04, a iluminação utilizada com lâmpadas de vapor de sódio não é a adequada para a melhor visibilidade noturna, pois essa tem sua luz concentrada nos espectros amarelos, que são melhor reconhecidos pela retina em situações com alto índice de luminosidade. Tecnologias como vapor metálico e LED encaixam-se melhor nesse aspecto de penumbra noturna, quando há pouca ou quase nenhuma luz.

4.3 Coleta de Dados em Campo

Os levantamentos foram realizados nos segmentos seguindo uma metodologia própria, de modo a coletar uma série de dados que melhor atendessem às necessidades do presente trabalho.

4.3.1 Iluminação da faixa de pedestres

Foi observado o tipo de iluminação artificial utilizada na faixa de travessia de pedestres. A coleta de dados consistiu em verificar se a lâmpada utilizada foi a mesma estabelecida conforme o manual de especificações do CET como também a qualidade da iluminação.

4.3.2 Correlação entre acidentes e sinalização de faixas de pedestres.

Realizou-se contato com os órgãos de fiscalização dos segmentos “A”, “B”, “C” e “D” para obtenção informações de acidentes envolvendo pedestres, contendo informações quanto a gravidade, localização e horário dos acontecimentos. Para os segmentos “A”, “B”, “C” e “D”, juntamente ao CET – Companhia de Engenharia de Tráfego, foi utilizado um banco de dados datados desde janeiro de 2016 até dezembro de 2017.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo principal avaliar as condições de sinalização das travessias de pedestres quanto à iluminação e sua influência na ocorrência de acidentes na cidade de São Paulo mas não se limitando a ela, bem como algumas propostas de melhoria da efetividade dos mesmos em áreas urbanas.

O julgamento responsável e criterioso dos técnicos deve ser utilizado na análise de cada caso, pois não há uma regra geral para todas as situações, e a análise criteriosa do local pode influenciar na definição e posicionamento corretos do dispositivo de controle.

Pode-se concluir que acidentes com pedestres não são uma particularidade das cidades brasileiras, no entanto, esses são muito mais severos e em maior número no Brasil do que nos países desenvolvidos. Faz-se o apelo, ainda, pelo aumento de pesquisas no Brasil sobre a questão dos acidentes envolvendo pedestres.

Alguns dos resultados de pesquisas realizadas em vários países suscitam questões de extrema importância para se estabelecer o tratamento mais adequado para a travessia de pedestres e que poderiam, e deveriam ser objeto de estudos mais aprofundados por parte dos órgãos responsáveis pela operação do trânsito. Tudo isto passa, é claro, pela questão de prioridade no trânsito, pela “lei de proteção ao mais fraco”, bastante conhecida, porém pouco praticada.

As estatísticas parecem até revelar incoerência quando mostram que a severidade das colisões é maior nas faixas demarcadas do que fora delas; ou que o número de atropelamentos em interseções com faixas demarcadas é, proporcionalmente ao número de travessias, o dobro do que em interseções sem faixas demarcadas. Este é o nítido reflexo de que algo está errado e precisa mudar.

Da parte comportamental da população, existe dificuldade em se controlar a ação dos pedestres nas cidades brasileiras. A simples implantação de uma faixa de pedestres, nos mais altos padrões possíveis, não garante a total canalização das travessias, sendo que estas continuam ocorrendo, muitas vezes, em múltiplos locais.

O mesmo ocorre na presença de sinalização semafórica. O comportamento de pedestres que atravessam a via com o semáforo aberto aos veículos, independentemente da presença de trânsito motorizado no momento da travessia, dissemina uma cultura de desrespeito às regras, absorvida pelas novas gerações de pedestres. A cidade de São

Paulo apresenta algumas dificuldades no cumprimento de todas as medidas propostas. A falta de um banco de dados, ou até mesmo da centralização de dados estatísticos, com informações de acidentes (em número, localização e tipo), número e classificação dos mecanismos de travessias de pedestre, entre outros, prejudica a visualização de pontos de interesse e a velocidade na tomada de decisões. Ainda sobre o município, pesam contra a organização do trânsito as limitações de geometria das vias, geradas pela falta de planejamento urbano no passado.

A dificuldade nesta esfera é a de que as medidas capazes de melhorar a fluidez e segurança do trânsito são demasiadamente onerosas e de lenta readaptação, entre elas estão a mudança de sentido de vias, ampliação da largura de calçadas, proibição de circulação de veículos, redução das dimensões do leito carroçável, entre outras. Tais medidas, apesar de previstas para implantação na zona central da cidade, não possuem estimativa de quando serão realizadas.

São outras constatações a respeito dos acidentes em travessias de pedestres: – As travessias demarcadas em vias de múltiplas faixas apresentam ameaças, pois obstruem a visão do motorista da faixa adjacente quando outro veículo dá passagem ao pedestre; – a presença de canteiro central elevado e com meio-fio está associada à redução do número de atropelamentos (não se esquecendo de atender as normas de acessibilidade nestes casos); – os acidentes em faixas para travessia de pedestres estão associados às diferenças regionais de comportamento de pedestres e motoristas; – o número de fatalidades envolvendo pedestres alcoolizados é relativamente elevado.

É imprescindível que se identifiquem as variáveis mais significativas relacionadas com os atropelamentos nas faixas para pedestres e que também seja feito o monitoramento das intervenções realizadas de forma que se possa avaliar a resposta das mesmas (como redução do número de acidentes, redução do tempo de espera para travessia, etc.).

Também deve existir a preocupação constante por parte das autoridades em manter os passeios públicos em boas condições para a movimentação segura e confortável dos pedestres. Neste quesito, a cidade de São Paulo deixa bastante a desejar, com diversas calçadas demasiadamente irregulares ou com obstáculos que dificultam ou até mesmo impedem a circulação de pedestres.

Por fim vale ressaltar que a questão da segurança dos pedestres no Brasil passa, sem dúvida, pela mudança do comportamento dos motoristas brasileiros. É importante que o poder público, nos diferentes níveis dos poderes constituídos, demonstre de forma

clara e evidente sua intenção e disposição de fazer com que a lei estabelecida constitucionalmente seja cumprida.

RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como recomendações a trabalhos futuros, pode-se considerar o seguinte:

- Proposta de sinalização de faixas de pedestres a partir do exemplo para outras cidades;
- Proposta de legislação específica;
- Viabilizar formas de educação no trânsito;
- Realização de um levantamento completo em cidades, a partir do índice de acidentes.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14723: Sinalização horizontal viária – Avaliação da retrorrefletividade utilizando equipamento manual com geometria de 15m. Rio de Janeiro, 2013. 4 p.

AGERGS. AGÊNCIA ESTADUAL DE REGULAÇÃO DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DELEGADOS DO RIO GRANDE DO SUL. Nota Técnica DQ 01/2006: Indicadores de Qualidade dos Serviços – Pólos de Concessão Rodoviária. Porto Alegre, 2005. 45 p.

AGERGRS. AGÊNCIA ESTADUAL DE REGULAÇÃO DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DELEGADOS DO RIO GRANDE DO SUL. Nota Técnica DQ 01/2008: Indicadores de Qualidade dos Serviços – Pólos de Concessão Rodoviária. Porto Alegre, 2006. 10 p.

ANEEL. Resolução Normativa nº 414, 9 de setembro de 2010. Disponível em: Acesso em: 10 nov. 2018.

ANTOLINI, E. Sinalização horizontal: fundamentos básicos e influência de distintos parâmetros na retrorrefletividade. 2013. 84 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

ARTESP. AGÊNCIA DE TRANSPORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. Disponível em: <<http://www.artesp.sp.gov.br>>. Acesso em: 10 out. 2018.

ASTM. E 1710-05: standard test method for measurement of retroreflective pavement markings materials with CEN-prescribed geometry using a portable retroreflectometer. West Conshohocken, 2005. 6p.

ASTM.D4505: Standard specification for preformed retroreflective pavement marking tape for extend service life. ASTM International, West Conshohocken, 2005, 4 p.

AUSTIN, R.; SCHULTZ, R. Guide to retroreflection safety principles and retroreflective measurements. RoadVista, San Diego, 2006, 26 p.

BAHAR, G. et al. Pavement marking materials and markers: real-world relationship between retroreflectivity and safety over time. National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, Toronto, 2006, 194 p.

BRASIL. Ministério das Cidades. Código de Trânsito Brasileiro. Brasília, 2008, 232p.93

CARLSON, P.; PARK, E; ANDERSEN, C. The benefits of pavement markings: a renewed perspective based on recent and ongoing research. TRB 88th Annual Meeting, 2008, 21 p.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume IV. Brasília, 2007. 116 p.

DAER. DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS DE RODAGEM. Sinalização rodoviária. Porto Alegre, 2006, 121 p.

DELTA. Disponível em: < <http://www.madebydelta.com>>. Acesso em: 07 nov. 2018.

DER-MG. DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DE MINAS GERAIS. Recomendações técnicas para sinalização viária horizontal. Belo Horizonte, 2006, 70 p.

DER-SP. DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DE SÃO PAULO. Sinalização horizontal com resina vinílica ou acrílica. São Paulo, 2006, 7 p.

DER-SP. DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DE SÃO PAULO. Manual de sinalização rodoviária. Secretaria dos Transportes, São Paulo, 2006, 97p.

DNER. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-EM 276/2000: Tinta para sinalização horizontal rodoviária à base de resina acrílica emulsionada em água. Rio de Janeiro, 2000, 7 p.

DNER. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. Manual de sinalização rodoviária. Ministério dos Transportes, 1999, 176 p.

DNIT. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Anuário estatístico das rodovias federais 2008. Rio de Janeiro, 2008.

DNIT. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Anuário estatístico das rodovias federais 2009. Rio de Janeiro, 2009. 740 p.

DNIT. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. ES 100/2009 - Obras complementares – segurança no tráfego rodoviário – sinalização horizontal. Rio de Janeiro, 2009, 10 p.

DNIT. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Disponível em: <<https://gestao.dnit.gov.br/rodovias/operacoes-rodoviaras/postos-decontagem/contagem-volumetrica/volume-medio-diario-vmdbrasil-por-ano>>. Acesso em: 9 set. 2018.

FHWA. Manual on uniform traffic control devices. U.S. Department of Transportation, Washington, 2009, 816 p.

FHWA. Preliminary economics impacts of implementing minimum levels of pavement marking retroreflectivity. U.S. Department of Transportation, FHWA Office of Safety, Washington DC, 2008, 39 p.

FHWA. Roadway delineation practices book. U.S. Department of Transportation, Washington, 1994, 250 p.

FHWA. The 1981 highway safety stewardship report. U.S. Department of Transportation, Washington, 1981.

GATES, T. J.; HAWKINS, H. G.; ROSE, E. R. Effective pavement markings materials and applications for portland cement concrete roadways. Texas Transportation Institute, College Station, Texas, 2003.

GOOGLE. Disponível em: <<http://www.google.com>>. Acesso em: 11 set. 2018.

KOPF, J. Reflectivity of pavement markings: analysis of retroreflectivity degradation curves. Washington State Transportation, University of Washington, 2004, 33 p.

MOREIRA, H; MENEGON, R. Sinalização horizontal. 2003, 82 p.

NAZAROFF, I. Caracterização da sinalização horizontal a partir de medidas diretas de retrorrefletividade e de avaliação subjetiva. Santa Maria. 2012, 17 p.95

POTTER INDUSTRIES INC. Disponível em: <<http://www.pottersbeads.com/>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

POTTER RESEARCH CENTER. New Jersey, 1996.

ROTAWAY. Disponível em: <<http://www.rotaway.com.br>>. Acesso em: 10 set. 2018.

SALLES, L. S. Pintura de demarcação viária: conceitos básicos e a avaliação de sua retrorrefletividade na BR-158. 2011. 95 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

SCHWAB, M.S.F. Estudo do desempenho dos materiais de demarcação viária retrorrefletivos. 1999. 159 p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Materiais) – Rede Temática em Engenharia de Materiais. Belo Horizonte, 1999.

ZHANG, G. Performance analysis and strategic management of longitudinal pavement markings. Graduate Faculty of North Carolina State University, North Carolina, 2009, 133 p.